



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## ESTUDIO PARA LA POSIBLE OPTIMIZACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS SINGULARES DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Nicolás Sánchez García

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio de 2024



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Estudio para la posible optimización de diferentes elementos singulares de una  
instalación de energías renovables en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad  
Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Nicolás Sánchez García

Fecha: 22 / 07 / 2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**SANZ  
FERNANDEZ  
IÑIGO -  
52367115W**

Firmado digitalmente  
por SANZ FERNANDEZ  
IÑIGO - 52367115W  
Fecha: 2024.07.23  
12:46:42 +02'00'

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 23 / 07 / 2024





**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## ESTUDIO PARA LA POSIBLE OPTIMIZACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS SINGULARES DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Nicolás Sánchez García

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio de 2024



# **ESTUDIO PARA LA POSIBLE OPTIMIZACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS SINGULARES DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**Autor: Sánchez García, Nicolás.**

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El proyecto "Estudio para la posible optimización de diferentes elementos singulares de una instalación de energías renovables" tiene como objetivo principal analizar, seleccionar y aplicar diversas tecnologías de energías renovables en una vivienda con alto consumo energético. A través de una exhaustiva investigación y cálculos detallados, se busca optimizar el uso de energía solar, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental. Los resultados obtenidos demuestran una significativa reducción del consumo energético y una mejora en la sostenibilidad de la vivienda.

**Palabras clave:** Energía renovable, eficiencia energética, energía solar, sostenibilidad.

## **1. Introducción**

El desarrollo sostenible se ha convertido en un objetivo fundamental de la humanidad, definido por Bruntland como aquel que "satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". En este contexto, la transición hacia fuentes de energía más limpias y eficientes es crucial. Este proyecto se enfoca en analizar y aplicar tecnologías sostenibles en una vivienda de alto consumo energético para mejorar su eficiencia y reducir su huella de carbono. Se estudian todas las tecnologías aplicables a un proyecto de carácter doméstico y se profundiza en las más relevantes.

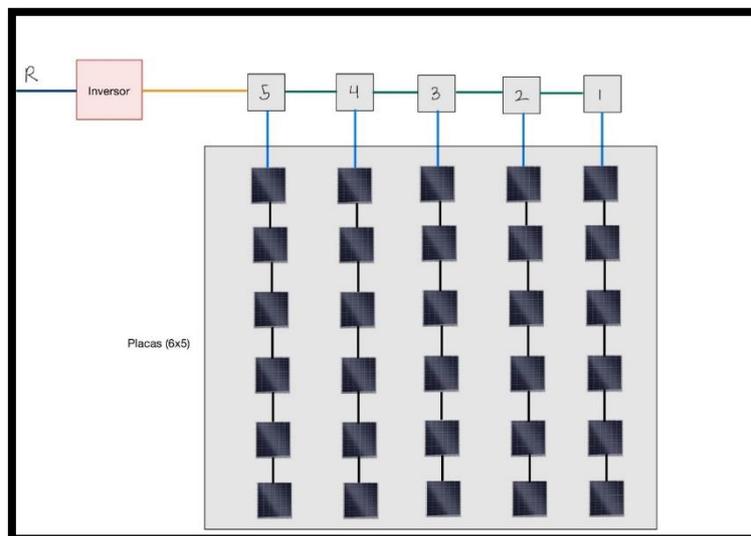
## **2. Definición del proyecto**

El proyecto se centra en la optimización de tecnologías de energías renovables aplicadas a una vivienda específica. Se realiza un análisis teórico y práctico de las tecnologías disponibles, seleccionando las más viables desde un punto de vista económico y

ambiental. Incluye cálculos detallados de consumo energético, la normativa aplicable, y la elaboración de planos utilizando herramientas CAD. El objetivo es reducir significativamente el consumo energético y mejorar la sostenibilidad de la vivienda.

### 3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

La solución del proyecto se centra en la energía solar fotovoltaica. Las posibilidades de instalación pasaban por dos chalés situados en Torrelodones. La instalación propuesta consta de treinta paneles solares conectados en serie y paralelo a uno de los chalés. Estos elementos se conectan a través de cables a un inversor de potencia para transformar la corriente continua en corriente alterna. Desde el inversor la instalación se conecta a la red debido a la elección de la conexión a red.



Se elige la conexión a red por el exceso de consumo en comparación con la posible generación que daría la instalación propuesta. La propuesta incluye soportes para paneles, sistemas de monitoreo, interfaz de desconexión y protecciones para distintos escenarios. Dicha instalación no se puede incrementar en tamaño ni potencia por diversas características del sistema.

En primer lugar, hay algunas restricciones físicas para la implementación de la tecnología. Se descarta uno de los chalés debido a la orientación del tejado y la interferencia de obstáculos para maximizar la energía obtenida. Además, el chalé escogido para implementar la tecnología tiene ventanas en la cubierta, dificultando su colocación.

Otro factor clave son las condiciones meteorológicas ya que no permiten la implementación de energía eólica en la ubicación geográfica. Por lo tanto, se limita el estudio final a la energía solar fotovoltaica con la instalación conectada a red. Este estudio consta de la búsqueda de los elementos ajustados a las características de la vivienda. Dichos elementos y el carácter del proyecto forman los pliegos de condiciones general, económico, técnico y particular. Se estudia la normativa aplicada, así como los ODS relacionados con el mismo.

Finalmente, se estudia la viabilidad económica del proyecto mediante un presupuesto general que incluye el periodo de rentabilidad de la instalación.

#### **4. Resultados**

La instalación tecnológica se traduce en una inversión inicial de 36.226,63 euros. Esta inversión reduce la factura desde aproximadamente 18.000 euros al año hasta cerca de los 11.000 euros al año teniendo en cuenta los costes de mantenimiento que requiere dicha instalación. Es decir, reduce en siete mil euros la factura anual.

#### **5. Conclusiones**

El proyecto final se traduce en una instalación que rentabiliza su inversión inicial entre los cinco y seis años de su implementación. Es un proyecto fotovoltaico que reduce la factura de la energía en un 39,22% del consumo mensual de la vivienda. En el largo plazo es una inversión muy beneficiosa para el propietario además de para el medio ambiente.

La eficiencia energética es una opción en el presente, pero con proyectos de esta índole será una obligación para todo el mundo en futuro.

#### **6. Referencias**

Se escogen tres referencias de entre las proporcionadas en la bibliografía.

- [1] [BRUN87] Bruntland, "Our Common Future", ONU, Sostenibilidad. Oxford University Press. Recuperado en Enero de 2024.
- [2] [EURO03] The European Union, "Eurocode 1 - Actions on structures". Obtenido de Part 1-3: General actions -: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.1.3.2003.pdf>, 2003.
- [3] [REE23-1] Red Eléctrica Española, "Informe del Sistema Eléctrico". Recuperado en Abril de 2024, 2023.

# **STUDY FOR THE POSSIBLE OPTIMIZATION OF DIFFERENT UNIQUE ELEMENTS OF AN INSTALLATION IN RENEWABLE ENERGIES**

**Author: Sánchez García, Nicolás.**

Supervisor: Sanz Fernández, Íñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas)

## **ABSTRACT**

The main objective of the project “Study for the possible optimization of different singular elements of an installation” is to analyze, select and apply different renewable energy technologies in a house with high energy consumption. Through an exhaustive research and detailed calculations, the aim is to optimize the use of solar energy, improving efficiency and reducing the environmental impact. The results obtained show a significant reduction in energy consumption and an improvement in the sustainability of the house.

Key words: Renewable energy, energy efficiency, solar energy, sustainability.

## **1. Introduction**

Sustainable development has become a fundamental objective in humanity, defined by Bruntland as development that “meets the needs of present generations without compromising the ability of future generations to meet their own needs”. In this context, the transition to cleaner and more efficient energy sources is crucial. This project focuses on analyzing and applying sustainable technologies in an energy-intensive house to improve its efficiency and reduce its carbon footprint. All the technologies applicable to a domestic project are presented and the most relevant ones are discussed in depth.

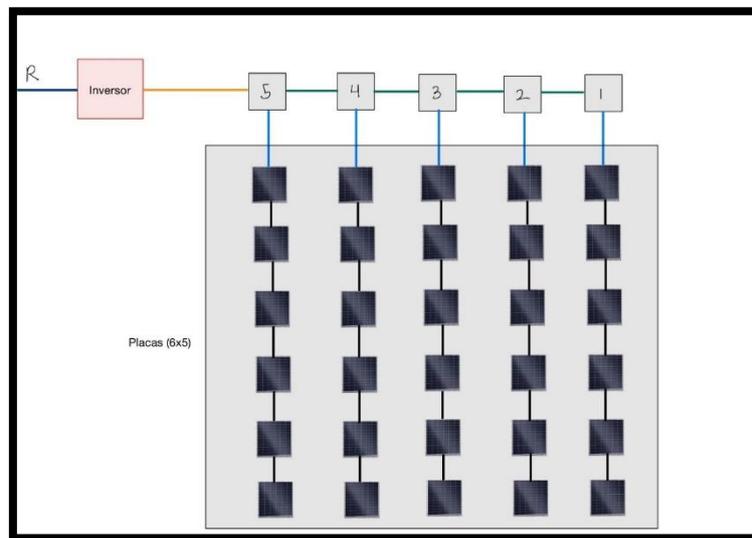
## **2. Project definition**

The project focuses on the optimization of renewable energy technologies applied to a specific house. A theoretical and practical analysis of the available technologies is conducted, selecting the most viable from an economic and environmental point of view. It includes detailed calculations of energy consumption, the applicable regulations, and

the preparation of plans using CAD tools. The objective is to significantly reduce energy consumption and improve the sustainability of the house.

### 3. Description of the model/system/tool

The project solution focuses on photovoltaic solar energy. The installation possibilities involved two chalets located in Torrelodones, Madrid. The proposed installation consists of thirty solar panels connected in series and parallel to one of the chalets. These elements are connected through cables to a power inverter to transform direct current into alternating current. From the inverter the installation goes to the grid due to the selected applied connection method.



In this case, the system is connected to the grid. This form of connection has been chosen because of the excess of consumption compared to the possible generation that the proposed installation would give. The proposal includes panel supports, monitoring systems, disconnection interface and protections for different cases. This installation cannot be increased in size or power due to several characteristics of the system.

First, there are physical constraints to the implementation of the technology. One of the chalets is discarded due to the orientation of the roof and the interference of obstacles to maximize the energy obtained. In addition, the chalet chosen to implement the technology has windows in the roof, making it difficult to install.

Another key factor is the weather conditions as they do not allow the implementation of wind energy in the geographical location. Therefore, the final study is limited to solar photovoltaic energy with grid-connected installation. This study consists of the search for

the elements adjusted to the characteristics of the house. These elements and the nature of the project form the general, economic and technical specifications. The applied regulations are studied, as well as the SDGs related to it.

Finally, the economic feasibility of the project is studied by means of a general budget that includes the period of profitability of the installation.

#### **4. Results**

The technological installation results in an initial investment of 36,226.63 euros. This investment reduces the bill from approximately 18,000 euros per year to approximately 11,000 euros per year, considering the maintenance costs required by the installation. A reduction in 7,000 euros per year.

#### **5. Conclusions**

The final project results in an installation that makes its initial investment profitable 5 years after its implementation. It is a photovoltaic project that reduces the electricity bill by a 39,22% of the current consumption of the house. In the long term it is a very beneficial investment for the owner as well as for the environment.

Energy efficiency is an option in the present, but with projects of this nature it will be an obligation for everyone.

#### **6. References**

Three references are chosen from those provided in the bibliography.

- [1] [BRUN87] Bruntland, "Our Common Future", ONU, Sostenibilidad. Oxford University Press. Obtained in January 2024.
- [2] [EURO03] The European Union, "Eurocode 1 - Actions on structures". Obtained from Part 1-3: General actions -: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.1.3.2003.pdf>, 2003.
- [3] [REE23-1] Red Eléctrica Española, "Informe del Sistema Eléctrico 2023". Obtained in April 2024.

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Introducción y planteamiento del proyecto.</b> .....    | 19 |
| <b>2. Estado de la técnica.</b> .....                         | 21 |
| 2.1. Energía eólica.....                                      | 21 |
| 2.1.1. Energía eólica en la actualidad. ....                  | 21 |
| 2.1.2. Tecnología para uso particular. ....                   | 22 |
| 2.1.3. Ventajas y desventajas de la energía eólica. ....      | 23 |
| 2.1.4. Elementos de la tecnología eólica doméstica. ....      | 23 |
| 2.2. Domótica y automatización. ....                          | 24 |
| 2.2.1. Tecnología LED.....                                    | 25 |
| 2.2.2. Monitoreo de energía.....                              | 26 |
| 2.2.3. Automatización del hogar.....                          | 26 |
| 2.3. Energía térmica. ....                                    | 27 |
| 2.3.1. Energía solar térmica. ....                            | 27 |
| 2.3.2. Energía geotérmica. ....                               | 27 |
| 2.4. Energía solar.....                                       | 28 |
| 2.4.1. Energía solar térmica. ....                            | 29 |
| 2.4.2. Energía solar fotovoltaica. ....                       | 29 |
| 2.4.3. Elementos de la energía solar. ....                    | 30 |
| <b>3. Descripción del modelo desarrollado.</b> .....          | 33 |
| 3.1. Estudio del terreno. ....                                | 33 |
| 3.2. Impacto ambiental.....                                   | 34 |
| 3.3. Cálculos. ....   | 34 |
| 3.3.1. Cálculo del consumo. ....                              | 34 |
| 3.3.2. Orientación de las placas .....                        | 36 |
| 3.4. Selección de la tecnología aplicable en el proyecto..... | 42 |
| 3.5. Recursos tecnología. ....                                | 43 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.5.1.    | Placas solares fotovoltaicas. ....  | 43        |
| 3.5.2.    | Inversor. ....  | 45        |
| 3.5.3.    | Baterías. ....  | 47        |
| 3.5.4.    | Soportes / estructura de montaje. ....  | 47        |
| 3.5.5.    | Medidor bidireccional. ....   | 50        |
| 3.5.6.    | Sistema de monitoreo. ....  | 51        |
| 3.5.7.    | Interfaz de desconexión. ....   | 51        |
| 3.5.8.    | Cableado. ....  | 52        |
| 3.5.9.    | Protecciones. ....  | 55        |
| 3.6.      | Normativa. ....   | 55        |
| 3.6.1.    | Nivel Europeo. Directivas y Reglamentos. ....   | 56        |
| 3.6.2.    | Nivel Estatal. Normativas y regulaciones. ....  | 56        |
| 3.6.3.    | Nivel Autonómico. Normativas y programas regionales. ....                               | 56        |
| 3.6.4.    | Nivel Municipal. ....   | 57        |
| 3.7.      | Planos. ....  | 58        |
| 3.7.1.    | Plano I: Superficie disponible de cubierta en el contrato 1. ....                       | 58        |
| 3.7.2.    | Plano II: Distribución óptima de los paneles solares fotovoltaicos en la cubierta. .... | 59        |
| 3.7.3.    | Plano III: Distribución final de paneles solares. ....                                  | 60        |
| <b>4.</b> | <b>Análisis de resultados. ....</b>   | <b>61</b> |
| 4.1.      | Pliego de condiciones generales y económicas. ....                                      | 61        |
| 4.1.1.    | Condiciones generales. ....   | 61        |
| 4.1.2.    | Condiciones económicas. ....  | 62        |
| 4.2.      | Pliego de condiciones técnicas y particulares. ....                                     | 62        |
| 4.2.1.    | Condiciones técnicas. ....  | 62        |
| 4.2.2.    | Condiciones particulares. ....  | 65        |
| <b>5.</b> | <b>Presupuesto. ....</b>  | <b>67</b> |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.1.      | Recursos.....  | 67        |
| 5.2.      | Precios unitarios.....   | 67        |
| 5.3.      | Sumas parciales.....   | 68        |
| 5.4.      | Presupuesto general. ....  | 69        |
| 5.5.      | Rentabilidad.....  | 69        |
| <b>6.</b> | <b>Conclusiones.</b> .....                                       | <b>73</b> |
| 6.1.      | Conclusiones sobre la metodología. ....                          | 73        |
| 6.2.      | Conclusiones sobre los resultados. ....                          | 73        |
| 6.3.      | Recomendaciones para futuros estudios. ....                      | 74        |
| <b>7.</b> | <b>Bibliografía</b> .....  | <b>77</b> |
| <b>8.</b> | <b>Anexos</b> .....  | <b>83</b> |
| 8.1.      | Anexo I: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....           | 83        |
| 8.2.      | Anexo II: Programas utilizados .....                             | 84        |
| 8.3.      | Anexo III: Catálogo TESUP energía eólica doméstica.....          | 85        |
| 8.4.      | Anexo IV: Catálogo JA SOLAR paneles fotovoltaicos.....           | 87        |
| 8.5.      | Anexo V: Catálogo Inversor SMA Sunny Tripower 15000 TL.....      | 89        |
| 8.6.      | Anexo VI: Soportes de montaje de paneles solares K2 SYSTEM. .... | 91        |
| 8.7.      | Anexo VII: Medidor bidireccional de SCHNEIDER ELECTRIC. ....     | 92        |
| 8.8.      | Anexo VIII: Sistema de monitoreo SMA. ....                       | 94        |
| 8.9.      | Anexo IX: Interfaz de desconexión SCHNEIDER ELECTRIC.....        | 96        |
| 8.10.     | Anexo X: Cableado entre elementos PRYSMIAN GROUP.....            | 97        |
| 8.11.     | Anexo XI: Protección de paneles solares de LITTLEFUSE.....       | 99        |
| 8.12.     | Anexo XII: Protección del sistema de SCHNEIDER ELECTRIC. ....    | 100       |
| 8.13.     | Anexo XIII: Protección de sobretensiones de DEHN. ....           | 101       |

## Índice de imágenes

|  |    |
|--|----|
| 1 Balance energético 2023 España. Red Eléctrica Española. ....                       | 21 |
| 2 Porcentaje de horas con cobertura solar y eólica (%). Red Eléctrica Española. .... | 22 |
| 3 Ejemplo de Kit de energía eólica doméstico. Primus Wind Power. ....                | 24 |
| 4 Evolución de la generación solar fotovoltaica en España. Endesa. ....              | 29 |
| 5 Ubicación de la vivienda objeto de estudio. Google Maps. ....                      | 33 |
| 6 Consumo energético de los últimos 12 meses. Elaboración propia. ....               | 36 |
| 7 Superficie utilizada finca 1. Google Maps. ....                                    | 39 |
| 8 Superficie utilizada finca 2. Google Maps. ....                                    | 40 |
| 9 Árbol interrupción de sol. Elaboración propia. ....                                | 41 |
| 10 Resultado simulación PVGIS-5. ....  | 42 |
| 11 Variación de la declinación solar a lo largo del año. PVEducation. ....           | 49 |
| 12 Separación mínima de paneles solares. Monsolar. ....                              | 49 |
| 13 Esquema conexión de la instalación. Elaboración propia. ....                      | 53 |
| 14 Gráfico rentabilidad. Elaboración propia. ....                                    | 71 |

## Índice de tablas.

|   |    |
|---|----|
| 1 Consumo energético últimos 12 meses. Elaboración propia.....          | 35 |
| 2 Parámetros climatológicos Torrelodones, Madrid. Weather Spark. ....   | 37 |
| 3 Optimización del número de placas. Elaboración propia. ....           | 44 |
| 4 Horas de sol pico en Torrelodones. Renewable Energy & Technology..... | 46 |
| 5 Alternativas en el uso de soportes. PVGIS. ....                       | 50 |
| 6 Dimensionamiento sección de cables. Elaboración propia .....          | 54 |
| 7 Recursos necesarios. Elaboración propia.. ....                        | 67 |
| 8 Precio unitario. Elaboración propia. ....                             | 68 |
| 9 Sumas parciales. Elaboración propia. ....                             | 68 |
| 10 Presupuesto general. Elaboración propia. ....                        | 69 |
| 11 Rentabilidad instalación. Elaboración propia. ....                   | 70 |

## Índice de ecuaciones.

|   |    |
|---|----|
| 1 Fórmula y cálculo consumo.....                                  | 35 |
| 2 Fórmula y cálculo del número de placas para autoconsumir.....   | 43 |
| 3 Fórmula y cálculo potencia total sistema. ....                  | 46 |
| 4 Fórmula y cálculo energía generada anualmente. ....             | 46 |
| 5 Cálculo peso total del sistema. ....                            | 47 |
| 6 Fórmula altura solar. ....                                      | 48 |
| 7 Cálculo altura solar. ....                                      | 49 |
| 8 Longitud de sombra de paneles en invierno. ....                 | 49 |
| 9 Longitud de sombra de paneles en verano.....                    | 49 |
| 10 Cálculo de la intensidad máxima total.....                     | 51 |
| 11 Cálculo del número de paneles en serie.....                    | 52 |
| 12 Cálculo de la corriente de cada panel. ....                    | 52 |
| 13 Cálculo del número de series en paralelo inicial. ....         | 52 |
| 14 Cálculo del número de series en paralelo límite superior. .... | 52 |
| 15 Potencia total sistema recalculada. ....                       | 53 |
| 16 Energía total generada recalculada. ....                       | 53 |
| 17 Fórmula cálculo de sección de los cables.....                  | 54 |

## **1. Introducción y planteamiento del proyecto.**

Desde 1987, el desarrollo sostenible se ha establecido como un objetivo fundamental de la humanidad, definido por Bruntland [BRU87] como aquel que "satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". Con el paso de los años, los objetivos de este desarrollo han evolucionado, adaptándose especialmente al sector inmobiliario, que sigue los planes de la ONU y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible hacia una construcción más respetuosa con el medio ambiente. Este enfoque resulta crucial ante el crecimiento exponencial de la población mundial, ya que, sin una transformación en la construcción y gestión de las ciudades, el desarrollo sostenible no sería posible. Uno de los desafíos más importantes que enfrenta la sociedad hoy es la transición hacia fuentes de energía más limpias. Esta necesidad social ha dado lugar a conceptos como la sostenibilidad y el desarrollo tecnológico, ambos esenciales para avanzar hacia un mundo más limpio. La eficiencia energética, la reducción de la huella de carbono y la optimización de recursos son ejemplos de tecnologías disponibles para el desarrollo de un sector inmobiliario sostenible.

Este proyecto tiene como objetivo analizar las principales tecnologías de sostenibilidad y aplicarlas a un caso concreto, requiriendo una exhaustiva investigación de estas tecnologías y su aplicación en un escenario real para estudiar su viabilidad y posible implementación. El foco de estudio es una vivienda con alto consumo energético, lo que permite explorar tecnologías para el ahorro. Aunque el proyecto se limite a una vivienda y no pueda influir en una ciudad entera, ofrece una oportunidad perfecta para investigar y aplicar en un caso real.

Personalmente, la elección de este proyecto surge del interés en trabajar y estudiar en profundidad las energías renovables, un campo con mucho potencial por explorar antes de entrar al mundo laboral. La motivación viene de la necesidad de reducir el consumo energético en una vivienda que, a pesar de ser relativamente nueva, carece de novedosas mejoras hacia el desarrollo sostenible, lo cual representa una excelente oportunidad para la investigación y la implementación práctica.

El proyecto abordará un estudio teórico de las tecnologías aplicables a la vivienda, seleccionando las más viables desde un punto de vista económico y ambiental. Incluirá

cálculos detallados de las necesidades del proyecto en relación con el consumo de la vivienda y la normativa aplicable. Se elaborarán planos detallados de la vivienda utilizando herramientas CAD y se definirá un pliego de condiciones que especifique los requisitos de uso de cada elemento instalado. Además, se presentarán los presupuestos para cada tecnología, analizando el ahorro potencial en la factura energética y la amortización de la inversión.

La estructura de los capítulos consiste en un proyecto de enfoque. Es decir, en el capítulo dos del proyecto se presentan las tecnologías sostenibles abordables en una vivienda. Para ir enfocando el objetivo, se abordan características generales de la vivienda en el capítulo tres como el estudio del terreno, el impacto ambiental o cálculos genéricos de la instalación. De manera justificada, se selecciona la o las tecnologías que mejor convengan para el objetivo del proyecto. Se desarrolla la tecnología en el final del capítulo con todo detalle. En el capítulo cuatro, se analizan las condiciones del contrato que tiene lugar en un proyecto fotovoltaico. Finalmente se estudia la viabilidad económica del proyecto y la rentabilidad en el capítulo seis. Todo el proceso será apoyado mediante datos mostrados en la bibliografía y anexos, capítulos siete y ocho.

## 2. Estado de la técnica.

Se examinan diversas tecnologías disponibles en el mercado actual, aplicables específicamente a una vivienda para posteriormente seleccionar las más rentable. Estas tecnologías se clasifican en cuatro categorías principales: energía eólica, domótica y automatización, energía térmica, así como energía solar, englobando tanto la fotovoltaica como la fototérmica. Se destaca también que algunas de estas soluciones tecnológicas son de naturaleza híbrida, combinando aspectos de dos o más de las categorías anteriores.

### 2.1. Energía eólica.

La energía eólica se genera cuando el viento impacta las aspas de un aerogenerador o molino, lo que lleva a la conversión de la energía cinética del movimiento de las aspas en energía eléctrica. Esta tecnología, a nivel industrial, se implementa a través de aerogeneradores de gran envergadura, los cuales se agrupan en parques eólicos localizados en zonas con condiciones óptimas de viento.

#### 2.1.1. Energía eólica en la actualidad.

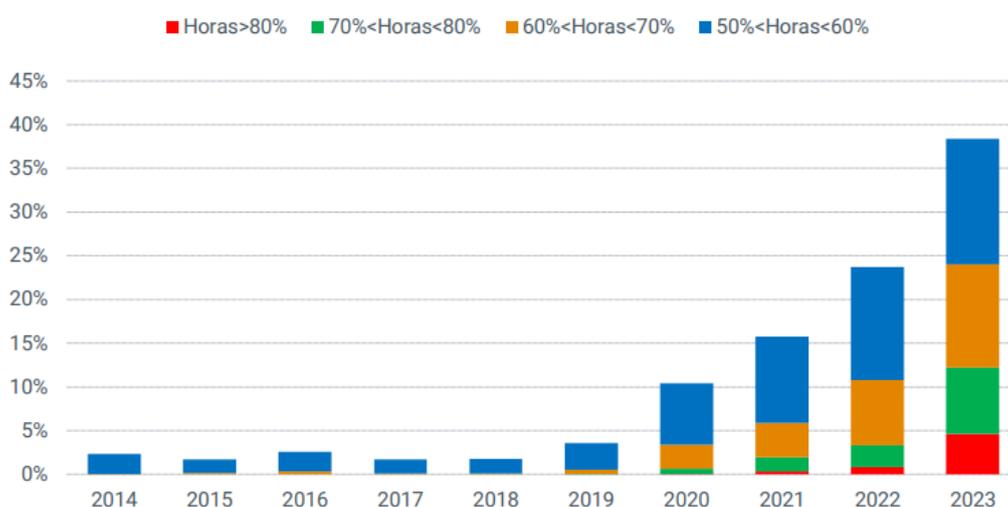
La energía eólica se posiciona como una de las fuentes de energía renovable más eficaces a nivel global, y esto es especialmente notable en España. Por primera vez en 2023, las fuentes renovables contribuyeron con más del 50% del total de la energía generada en el país, de acuerdo con el Informe del Sistema Eléctrico [REE23]. Dentro de este panorama de energías limpias, la eólica destaca como la contribuyente más significativa a la matriz energética española durante el año mencionado.



*Balance energético 2023 España. Red Eléctrica Española.*

Es apreciable el incremento en los últimos años de esta tecnología y su capacidad de desarrollo. El aumento en la generación mediante energías renovables lleva consigo una disminución de las energías no renovables, causando así un impacto positivo en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La utilización de esta tecnología, como la solar fotovoltaica y la fototérmica, depende de las condiciones meteorológicas por lo que su ubicación es primordial en su desempeño. El mismo informe de la Red Eléctrica Española muestra cómo la cobertura eólica y solar (%) en España crece de manera exponencial llegando hasta casi un 40% de las horas.



2 Porcentaje de horas con cobertura solar y eólica (%). Red Eléctrica Española.

### 2.1.2. Tecnología para uso particular.

La tecnología de energía eólica, aunque está más avanzada y es ampliamente utilizada en el ámbito industrial, también se ha adaptado para uso doméstico mediante lo que se conoce como kits de energía eólica. Estos kits están fundamentados en los mismos principios que los aerogeneradores de gran escala destinados a la producción de energía para la red eléctrica, aunque se presentan en un tamaño reducido. A pesar de que actualmente no permiten alcanzar la autosuficiencia energética completa en una vivienda, sí contribuyen significativamente a la reducción del consumo eléctrico. Por lo general, estos sistemas eólicos para autoconsumo no superan los 100kW de potencia y requieren de un espacio considerable para su instalación, dado su diámetro medio de aproximadamente dos metros [ORTI22]. Por ello, es crucial asegurarse de que su

instalación no interfiera con otros sistemas, como los paneles de energía solar fotovoltaica o térmica, para optimizar su funcionamiento y evitar posibles conflictos o ineficiencias en la generación de energía.

### 2.1.3. Ventajas y desventajas de la energía eólica.

La energía eólica se distingue por ser una fuente de energía renovable, no contaminante e ilimitada, lo que la convierte en una opción energética limpia y sostenible. Entre sus ventajas se incluyen la relativa simplicidad y el bajo coste de instalación, debido a la menor cantidad de componentes necesarios. Esto, a su vez, se traduce en un mantenimiento reducido, centrado principalmente en la adecuada exposición al viento. Además, el coste por kilovatio (kW) generado es, comparativamente, más bajo que el de otras tecnologías renovables, lo que hace que esta tecnología sea particularmente rentable.

No obstante, la energía eólica también presenta algunos desafíos. Uno de los principales es la necesidad de un espacio amplio y libre de obstrucciones para captar eficazmente el viento, así como su dependencia de las condiciones climáticas, lo que limita su eficacia a áreas con vientos constantes y fuertes. Aunque el coste de implementación no es excesivamente alto en comparación con otras fuentes de energía renovable, como la fotovoltaica, la incapacidad de almacenar la energía generada es una desventaja significativa.

En resumen, la energía eólica es una solución efectiva y ecológica para la generación de energía en localizaciones que cumplan con los requisitos técnicos y geográficos específicos necesarios para su óptimo aprovechamiento.

### 2.1.4. Elementos de la tecnología eólica doméstica.

Los kits de energía eólica llevan consigo todos los componentes necesarios para su instalación [TEC23]. Se pueden encontrar de manera online en muchas tiendas. Se explica brevemente cada uno de los elementos [VIL24]:

a. Estructura.

Es el cuerpo del generador. Lo que lo protege del exterior y de las posibles interacciones con fenómenos climáticos, como la lluvia. Además, habitualmente cumple también una función estética.

b. Aerogenerador.

Es el componente principal del kit de energía eólica. Está compuesto por las palas y el rotor interno. Estos dos elementos permiten transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica.

c. Regulador de carga de baterías.

Es un elemento esencial para controlar las cargas de las baterías. Este componente es fundamental para la correcta instalación y funcionamiento del kit de energía eólica.

d. Inversor de onda pura.

Este elemento permite convertir la tensión de corriente continua generada por el rotor a los 220 voltios de corriente alterna utilizados en los hogares.

e. Cableado.

Elementos esenciales para conectar los distintos componentes del kit del generador.



*3 Ejemplo de Kit de energía eólica doméstico. Primus Wind Power.*

## 2.2.Domótica y automatización.

La domótica abarca el conjunto de tecnologías aplicadas a la automatización de las viviendas, permitiendo que ciertas acciones de los dispositivos domésticos se realicen de

forma autónoma [GUI23]. Este conjunto de herramientas tecnológicas avanzadas tiene como objetivo crear inteligencia en los espacios residenciales cerrados, convirtiéndose en un componente esencial en cualquier hogar de nueva construcción. Su funcionamiento se basa en la integración con las redes existentes en la vivienda, incluyendo la red eléctrica. Actualmente, las "smart homes" representan el futuro de la industria residencial, con una variedad de desarrollos tecnológicos que se integran en este sector. La principal orientación de estas innovaciones es el uso eficiente de la energía, aunque también se centran en potenciar y enriquecer la calidad de vida de los individuos. Esta tecnología se presenta como posible en el espectro de eficiencia energética pero no se estudia debido a la extensión limitada del proyecto.

### 2.2.1. Tecnología LED.

La tecnología LED (Light Emitting Diode) es una de las más avanzadas en términos de eficiencia energética y se considera una de las tecnologías más eficientes disponibles en el mercado. Se basa en un dispositivo semiconductor que emite luz cuando es atravesado por una corriente eléctrica. A pesar de su desarrollo relativamente reciente, incluye muchas aplicaciones orientadas a la automatización que promueve el desarrollo sostenible. Esta tecnología tiene un amplio impacto tanto en el ámbito medioambiental como en el económico. Además, ofrece numerosas ventajas y comodidades para su uso en viviendas, ya que la mayoría de los dispositivos LED cuentan con componentes electrónicos que permiten el control y monitoreo.

#### a. Impacto medioambiental.

La transición de la iluminación tradicional a la tecnología LED representa un avance significativo en términos de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, una bombilla LED de solo 7 W puede ofrecer la misma cantidad de luz que una bombilla incandescente de 60 W [EFI22], lo que resulta en un ahorro energético considerable. Además, las bombillas LED son más beneficiosas para el medio ambiente, ya que no contienen metales pesados como el mercurio o el tungsteno, evitando así la contaminación que estos pueden causar. Otro beneficio importante es la drástica reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que pueden disminuir hasta en un 80% en comparación con las bombillas incandescentes. También son preferibles debido a

su menor contribución a la contaminación lumínica en exteriores, lo que las hace ideales para una iluminación más consciente y respetuosa con el entorno nocturno.

b. Impacto económico.

La reducción en el consumo de energía gracias a sistemas de iluminación más eficientes no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también se refleja directamente en un ahorro significativo en la factura energética. Además, estas soluciones de iluminación requieren un mantenimiento mínimo, lo que añade una capa adicional de conveniencia y reduce aún más los costos a largo plazo.

### 2.2.2. Monitoreo de energía.

El concepto de monitoreo de energía se define para realizar un análisis del consumo energético. Esta tecnología tiene como objetivo la reducción del consumo de energía. Consta de una amplia variedad de elementos necesarios para su correcta utilización. La instalación de sensores en los electrodomésticos y dispositivos de medición permite el monitoreo de la energía y, en consecuencia, su reducción [ALM23]. Esta tecnología permite visualizar y analizar el consumo de energía en tiempo real. Además de ser compatible con todas las demás tecnologías mencionadas, su función es exclusivamente de control y regulación.

### 2.2.3. Automatización del hogar.

La automatización residencial, que permite el control independiente de distintos dispositivos y sistemas dentro del hogar, desempeña un papel crucial en la mejora de la eficiencia energética. Esta tecnología abarca desde electrodomésticos de bajo consumo hasta la gestión automatizada de puertas, iluminación, persianas y sistemas de calefacción. Aunque en proyectos de nueva construcción se tiende a incorporar estas soluciones de manera generalizada para minimizar el consumo energético, el análisis detallado de cada componente individual podría desviar el enfoque principal de este estudio. Si bien la relevancia de estas tecnologías en el ámbito de la eficiencia energética es indudable, su amplia variedad hace que su aplicación detallada exceda el alcance de este trabajo.

### 2.3. Energía térmica.

La energía térmica, también conocida como energía calorífica, desempeña numerosas funciones en la vida cotidiana de las personas, además de tener aplicaciones industriales. Se basa en el concepto de temperatura de un cuerpo, determinada por la agitación de las partículas que lo componen. A medida que estas partículas se mueven más rápidamente e impactan con mayor frecuencia unas con otras, aumenta su energía térmica. Esta energía puede clasificarse según su origen. El objetivo del proyecto es la eficiencia energética, por lo que nos centraremos en las tecnologías térmicas que mejor se aplican a este término.

La energía térmica ofrece múltiples posibilidades, pero nos enfocaremos en aquellas que provienen de fuentes naturales. Únicamente hay dos efectos naturales de los cuales podemos obtener energía térmica: la energía proveniente del sol y la energía que desprende la tierra.

#### 2.3.1. Energía solar térmica.

Es una energía renovable que aprovecha la radiación solar para producir calor y, con ello, reducir el consumo energético. La tecnología de uso doméstico está ampliamente extendida en el mercado y será estudiada en profundidad. Debido a sus similitudes con la energía solar fotovoltaica, se expondrá en la siguiente sección relacionada con la energía solar.

#### 2.3.2. Energía geotérmica.

La energía geotérmica es la energía renovable menos conocida. Consiste en la extracción de vapor y agua caliente de la corteza terrestre para la generación de energía [FERN23]. Estos vapores pueden encontrarse tanto cerca de la superficie como a varios kilómetros de profundidad. La producción de energía se realiza perforando pozos en depósitos subterráneos para aprovechar el vapor y el agua caliente, los cuales accionan turbinas conectadas a generadores de electricidad.

##### a. Tecnología doméstica.

La tecnología geotérmica doméstica, conocida como geotermia, se basa en la perforación del suelo, de manera similar a la energía geotérmica industrial. La energía

producida puede utilizarse para calefacción, refrigeración o generación de electricidad. En ambas aplicaciones, se reduce el consumo energético de la vivienda [NATG]. La instalación de esta tecnología requiere un estudio de viabilidad del terreno a perforar, por lo que generalmente se aplica en viviendas de nueva construcción.

b. Ventajas y desventajas.

La principal característica de esta tecnología es su sostenibilidad. Es una energía limpia y renovable que no produce gases de efecto invernadero. El uso de esta tecnología genera un ahorro energético, con el consiguiente ahorro económico. Su origen es esencial, siendo la única tecnología doméstica capaz de extraer energía del suelo, lo que evita interferencias con otros elementos de tecnologías de eficiencia energética.

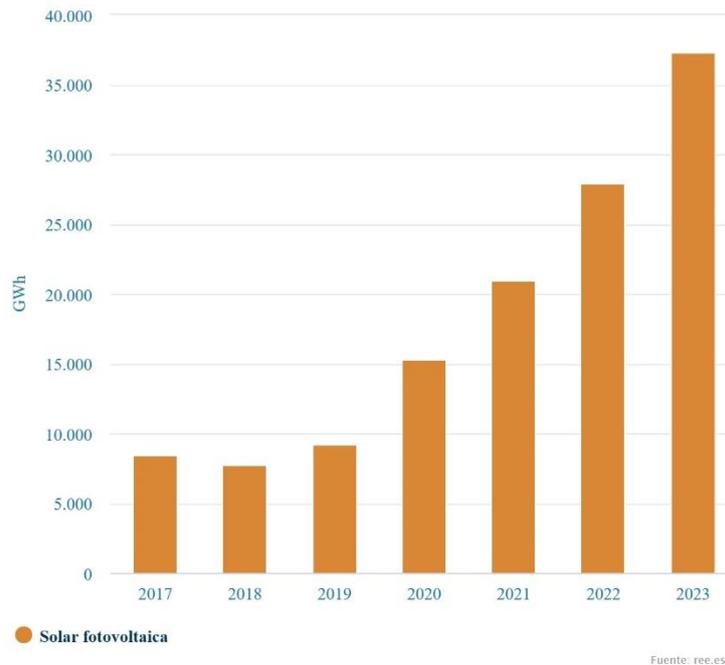
No obstante, al requerir la perforación del suelo, su instalación inicial es muy costosa. Para viviendas ya construidas, su implementación implica un alto coste de mano de obra, por lo que se recomienda principalmente para viviendas de nueva construcción, donde el coste inicial puede ser algo más reducido. Debido a su ubicación subterránea, es necesaria una inspección periódica, lo que añade costes adicionales a esta tecnología.

#### 2.4. Energía solar.

La energía solar es una fuente de energía limpia que proviene del Sol y se utiliza para producir electricidad o generar calor. La luz solar es la mayor fuente de energía renovable que llega a nuestro planeta. En el Sol ocurren numerosas reacciones de alta energía que generan ondas electromagnéticas. Para obtener energía de estas ondas, se estudian principalmente dos tipos: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica [END21]. Aunque ambas tecnologías son similares, sus fundamentos son diferentes. Se analiza cada una de estas tecnologías, incluyendo los elementos necesarios para su instalación.

La situación geográfica de España es privilegiada en el ámbito de la energía solar debido a su alta irradiación solar. El sistema fotovoltaico es esencial para la generación eléctrica futura en el país. Según el informe citado anteriormente, la energía solar representó el 14% de la producción total de energía en España en 2023, siguiendo una tendencia creciente en los últimos años.

La principal característica de esta tecnología es su capacidad para aprovechar la energía de manera eficiente en días soleados. Por lo tanto, tanto la orientación como la localización del panel influyen considerablemente en la generación de energía.



4 Evolución de la generación solar fotovoltaica en España. Endesa.

#### 2.4.1. Energía solar térmica.

Esta tecnología transforma la energía proveniente de las ondas electromagnéticas en energía calorífica [PLA23]. Se compone de placas solares térmicas o calentadores que contienen en su interior un líquido que se calienta rápidamente. Mediante un sistema de bombeo, este líquido se transfiere a un intercambiador de calor para aprovechar la energía y calentar el agua sanitaria y los circuitos de calefacción [RED\_sf]. Esta tecnología no se estudiará en profundidad para no extender en exceso la realización del proyecto.

#### 2.4.2. Energía solar fotovoltaica.

Es la tecnología referente a las energías renovables más extendida en todo el mundo. Consiste en paneles que convierten la energía solar en electricidad, basándose en el efecto fotoeléctrico que se genera en las placas debido a su composición.

Para la instalación de esta tecnología, se deben analizar varios factores: la potencia de la instalación, la orientación de los paneles y la configuración. La tecnología solar fotovoltaica permite la instalación tanto de manera aislada como conectada a la red. Dependiendo de la configuración, la instalación posee distintas características [GON24].

a. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica.

La característica principal de esta configuración es la posibilidad de inyección de excedentes a la Red Eléctrica [REE23]. De igual manera, si la tecnología no es capaz de generar toda la energía necesaria, se puede obtener energía desde la red. Además, esta configuración requiere un desembolso económico inicial menor en comparación con la instalación aislada.

b. Instalaciones fotovoltaicas aisladas.

Esta configuración proporciona un mayor control, ya que permite gestionar de manera más eficiente el uso y almacenamiento de la energía producida. Sin embargo, requiere un coste inicial superior debido a los costos de almacenamiento. Además, si las baterías se descargan, no será posible obtener abastecimiento hasta que sean recargadas.

### 2.4.3. Elementos de la energía solar.

En esta sección se incluyen los elementos necesarios para las instalaciones solares, especificando si son requeridos para sistemas térmicos, fotovoltaicos o ambos.

a. Panel solar fotovoltaico.

Es un tipo de célula que capta la radiación solar y la transforma en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. La potencia de estos elementos varía entre 50W y 500W. La eficiencia de estos paneles es una de las principales limitaciones de esta tecnología, ya que no supera el 24% en el mejor de los casos. La energía que se genera tras pasar por el panel es una corriente continua [LOR\_SF]. Se utiliza específicamente para sistemas fotovoltaicos.

b. Panel solar térmico. Captador térmico.

Es un panel solar utilizado en las instalaciones solares térmicas. Este elemento transforma la energía solar en calor.

c. Inversor de corriente.

Es un componente que transforma la corriente continua generada por el panel solar en corriente alterna. Los instaladores recomiendan una mayor inversión en el inversor para asegurar una mayor durabilidad de la instalación. Este dispositivo conecta los paneles solares con el contador eléctrico ya existente en la vivienda, lo que permite que la vivienda reciba energía de ambas fuentes. Existen distintos tipos de inversores, dependiendo del tipo de conexión que se desee realizar con los paneles [LOR\_SF].  
Uso específico de los sistemas fotovoltaicos.

d. Cableado eléctrico y conexiones.

Son elementos esenciales para la correcta circulación de la electricidad. Es fundamental elegir las conexiones adecuadas, para lo cual es necesario conocer la intensidad que circulará por cada una de estas conexiones.

e. Baterías y reguladores de carga.

El objetivo de este componente es almacenar energía para su utilización en un momento posterior. Permite que la instalación funcione cuando no hay energía solar disponible o cuando no se puede acceder a la red eléctrica. Es un elemento necesario en las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas. Para el correcto funcionamiento de las baterías, es necesario un regulador de carga que gestione el almacenamiento de energía. Este componente está en continuo desarrollo para lograr una mayor rentabilidad [LOR\_SF]. Uso exclusivo de fotovoltaica.

f. Medidor bidireccional.

Es un componente necesario en las instalaciones conectadas a la red en sistemas fotovoltaicos. Regula la cantidad de energía consumida de la red y la energía generada por los paneles solares.

g. Circuito primario y circuito secundario.

Estos son los circuitos utilizados en los sistemas solares térmicos. El circuito primario es un circuito cerrado que transporta el calor desde el captador hasta el acumulador.

El circuito secundario es un circuito abierto por el cual entra agua fría de suministro y se consume por el otro extremo.

h. Acumulador.

Es un depósito donde se acumula el agua calentada para su uso. Es importante que el material de composición aisle completamente el agua del exterior, evitando pérdidas por conducción o radiación. Es un componente exclusivo de las instalaciones solares térmicas.

i. Bomba hidráulica.

Es necesaria en sistemas de circulación forzada en sistemas térmicos. En los sistemas con recirculación natural, no es requerida. Se utiliza para impulsar el líquido a través del interior de las tuberías.

j. Estructura de montaje.

Son estructuras físicas encargadas de montar y posicionar las placas solares de manera segura y eficaz. Su función es proporcionar soporte a los paneles y optimizar el ángulo de colocación para maximizar la captación de energía solar [PRE24]. Su uso es imprescindible en ambas tecnologías.

k. Sistema de monitoreo.

Es un sistema que permite controlar la instalación, supervisando tanto el funcionamiento de cada uno de los elementos involucrados como la producción y distribución de la energía [ECO24]. Es aplicable de manera opcional en ambos sistemas.

l. Protecciones eléctricas.

Son protecciones que se incorporan a los elementos de ambos sistemas para evitar fallos. Existen protecciones específicas para el campo fotovoltaico, campo térmico, baterías y contra sobretensiones [KRA21].

m. Interfaz de desconexión.

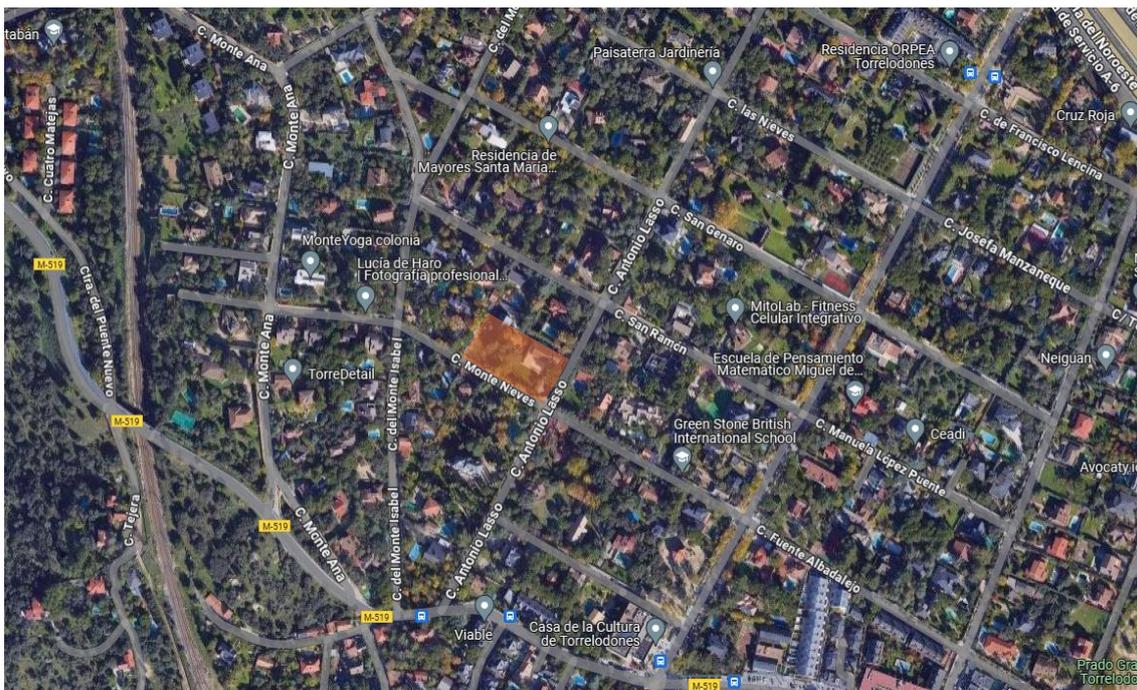
Es un interruptor que sirve para la desconexión de un elemento. Puede utilizarse para desconectar componentes específicos como baterías o paneles, así como para aislar el sistema de la red en sistemas conectados a la misma. [IGO\_SF]

### **3. Descripción del modelo desarrollado.**

#### **3.1. Estudio del terreno.**

El objetivo principal del proyecto es reducir el consumo energético de la vivienda. Para ello, se desarrollará un proyecto utilizando las tecnologías explicadas anteriormente. La amplia variedad de tecnologías disponibles obliga a enfocar el estudio en las más efectivas. En este caso, se realizará un análisis en profundidad de la tecnología eólica y solar fotovoltaica.

El estudio se llevará a cabo en una finca ubicada en la Calle Antonio Lasso 5, en Torreledones, Madrid. La propiedad se compone de dos grandes inmuebles con un alto consumo energético, además de pequeños bungalós con un consumo menor. Las instalaciones adicionales de la casa que también contribuyen al consumo energético incluyen una piscina, cargadores eléctricos para vehículos, un ascensor y los respectivos consumos de las casas.



*5 Ubicación de la vivienda objeto de estudio. Google Maps.*

Se trata de un amplio terreno con muchas posibilidades de ahorro energético. Sin embargo, habrá que tener en cuenta aspectos específicos de cada tecnología para comprobar su viabilidad en el terreno seleccionado. Además, factores externos como las condiciones meteorológicas medias o las sombras son factores clave en el desarrollo del proyecto.

### 3.2. Impacto ambiental.

La realización del proyecto es globalmente positiva para el medio ambiente. Todas las tecnologías que se estudian provienen de energías renovables, es decir, buscan generar energía a partir de recursos naturales. La energía solar fotovoltaica, no presenta emisiones de CO<sub>2</sub> debido a las reacciones químicas en sus células o paneles, por lo que su contribución a los gases de efecto invernadero es nula. La única fuente de contaminación ambiental ocurre durante la producción y eliminación de dichas células [SOL23].

La extracción de silicio, material del cual se fabrican las células solares, es altamente contaminante. Sin embargo, las alternativas para la obtención de energía en otras tecnologías y el uso de otros materiales agravan el impacto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, la energía solar es una de las mejores opciones en términos de impacto ambiental que se pueden aplicar en el mundo actualmente. [HERN23]

El impacto de la energía eólica es igualmente positivo. En este caso, los focos de impacto se centran en la fauna voladora que puede chocar con la tecnología.

### 3.3. Cálculos.

Con el objetivo de seleccionar los elementos y realizar un proyecto completo, es necesario fragmentar el problema en varias partes. En esta sección se incluyen los cálculos de distintas tipologías para hacer posible la instalación. Se debe analizar el consumo total de la vivienda, realizar un estudio de la orientación de las placas y de su inclinación óptima, analizar los efectos climatológicos de la zona y, finalmente, dimensionar cada elemento de la tecnología con su correspondiente cálculo.

#### 3.3.1. Cálculo del consumo.

En primer lugar, es necesario conocer el consumo energético de la vivienda para poder decidir entre las distintas potencias nominales de los componentes de las tecnologías. Como se ha explicado en secciones anteriores, esta vivienda consta de dos chalés. Cada uno de ellos tiene contratos diferentes. El primero de ellos se asociará al contrato uno, mientras que el segundo se asociará al contrato dos.

Por lo tanto, se debe realizar un proyecto separado para cada uno de los chalés, lo que aumentará las posibilidades de ahorro. Esta separación permitirá cuantificar el ahorro en

cada uno de los dos proyectos, aunque el resultado final que interesa es el ahorro total en la factura anual de energía.

El consumo es una medida de energía que se expresa en kWh. Este consumo se obtiene mediante una fórmula que calculan las empresas energéticas para cada elemento.

$$E_{\left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)} = P * t \quad [1]$$

Cada uno de los términos de la ecuación son:

$$P [kW] = \text{Potencia consumida por el elemento.}$$

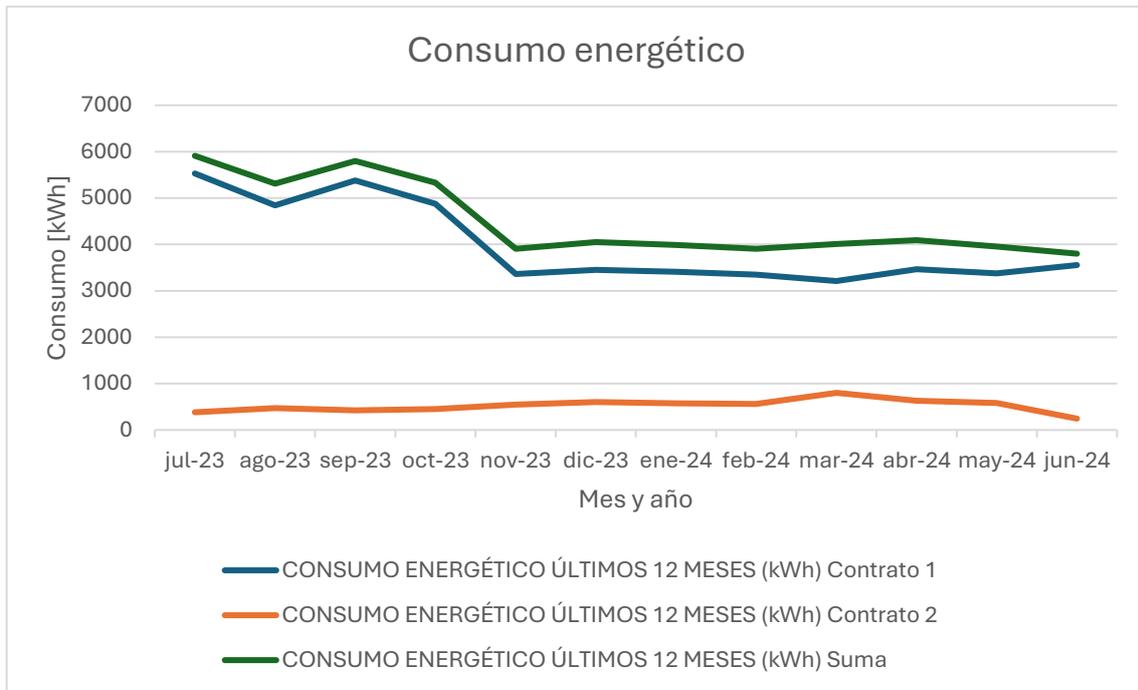
$$t \left[ \frac{h}{\text{día}} \right] = \text{horas de uso al día.}$$

El proceso de cálculo consiste en hacer un sumatorio de todos los elementos que consumen potencia en la vivienda al día. Con la suma de todos los días del mes sale el consumo energético en las viviendas como el que se enseña a continuación.

|               | Contrato 1 (kWh) | Contrato 2 (kWh) | Suma (kWh)      |
|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>jun-24</b> | 3554,79          | 245,04           | 3799,83         |
| <b>may-24</b> | 3372,55          | 578,7            | 3951,25         |
| <b>abr-24</b> | 3462,22          | 627,67           | 4089,89         |
| <b>mar-24</b> | 3210,35          | 800,87           | 4011,22         |
| <b>feb-24</b> | 3347,4           | 558,45           | 3905,85         |
| <b>ene-24</b> | 3413,18          | 572,53           | 3985,71         |
| <b>dic-23</b> | 3448,77          | 601,21           | 4049,98         |
| <b>nov-23</b> | 3359,37          | 544,14           | 3903,51         |
| <b>oct-23</b> | 4877,4           | 450,45           | 5327,85         |
| <b>sep-23</b> | 5375             | 420,1            | 5795,1          |
| <b>ago-23</b> | 4843,69          | 469,11           | 5312,8          |
| <b>jul-23</b> | 5529             | 380,67           | 5909,67         |
| <b>Total</b>  | <b>47793,72</b>  | <b>6248,94</b>   | <b>54042,66</b> |

Tabla 1 Consumo energético últimos 12 meses. Elaboración propia.

Analizando brevemente la información obtenida de la comercializadora de energía, se observa que el contrato uno es el que consume la mayor parte de la energía. Además, cabe destacar que, desde octubre de 2023, el consumo se ha reducido considerablemente por la reducción en el precio de la energía. Los resultados se presentan en una gráfica para facilitar su visualización.



6 Consumo energético de los últimos 12 meses. Elaboración propia.

### 3.3.2. Orientación de las placas.

La ubicación de la tecnología es crucial para maximizar el rendimiento. En este punto, se diferencia entre un estudio genérico, que incluye los efectos meteorológicos sujetos a estudio, y un enfoque local. Este enfoque local se centra específicamente en la tecnología y su ubicación aplicada en la vivienda.

La vivienda está situada a las afueras de Madrid, en el pueblo de Torrelodones. Es necesario conocer las condiciones climatológicas del lugar geográfico para tomar decisiones basadas en datos oficiales. Son relevantes las características: horas de sol al mes, la irradiancia solar y la velocidad del viento.

A nivel local, es esencial conocer la cubierta de la vivienda, es decir, el área en el cual se podría aplicar la tecnología. Se deben considerar las posibles sombras, así como la

orientación de las cubiertas. Además, se estudiará la inclinación óptima que deben tener los paneles solares para determinar si son necesarios soportes adicionales.

a. Condiciones climatológicas de Torrelodones.

Se presenta una tabla con las características climatológicas relevantes para el estudio de las tecnologías presentadas. La temperatura media es una medida importante en el estudio de la energía solar. Asimismo, para esta tecnología, también son relevantes las horas de sol recibidas y la energía solar incidente. En el caso de la energía eólica, el dato de la velocidad del viento a lo largo del año es crucial.

| <b>Parámetros</b> | <b>Temperatura media (°C)</b> | <b>Horas de sol (horas/día)</b> | <b>Velocidad del viento (m/s)</b> | <b>Energía solar incidente (kWh)</b> |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Julio</b>      | 25,1                          | 13,1                            | 3,8                               | 8,1                                  |
| <b>Agosto</b>     | 24,8                          | 12                              | 3,19                              | 7,1                                  |
| <b>Septiembre</b> | 20,1                          | 10,3                            | 3,29                              | 5,5                                  |
| <b>Octubre</b>    | 14,3                          | 7,5                             | 3,32                              | 3,8                                  |
| <b>Noviembre</b>  | 8,8                           | 5,8                             | 3,46                              | 2,5                                  |
| <b>Diciembre</b>  | 5,2                           | 5,5                             | 3,40                              | 2                                    |
| <b>Enero</b>      | 5,1                           | 5,5                             | 3,03                              | 2,3                                  |
| <b>Febrero</b>    | 6,2                           | 6,4                             | 3,32                              | 3,3                                  |
| <b>Marzo</b>      | 9,2                           | 7,7                             | 3,55                              | 4,8                                  |
| <b>Abril</b>      | 12,3                          | 8,9                             | 3,48                              | 6                                    |
| <b>Mayo</b>       | 15,7                          | 11,1                            | 3,32                              | 7,1                                  |
| <b>Junio</b>      | 22,6                          | 12,8                            | 3,18                              | 7,9                                  |
| <b>Promedio</b>   | <b>14,11</b>                  | <b>8,88</b>                     | <b>3,36</b>                       | <b>5,03</b>                          |

*Tabla 2 Parámetros climatológicos Torrelodones, Madrid. Weather Spark.*

Los datos se obtienen de la página web Weather Spark, que recoge informes climatológicos de las estaciones cercanas a Torrelodones y, mediante modelos de datos, establece un informe anual. Los datos se obtienen del informe de 2023 y se toman como referencia para el dimensionamiento de los elementos de las distintas tecnologías del proyecto. Para este dimensionamiento, se utilizan las mismas condiciones meteorológicas

en ambas fincas debido a su proximidad. Sin embargo, se estudiarán las condiciones únicas de cada una de ellas en la siguiente sección.

Se puede observar la gran diferencia entre las estaciones de verano e invierno en los datos de energía solar, horas de sol y temperatura. Esta es una característica típica del clima mediterráneo en el que se encuentra España. Las horas de sol son una referencia de la media de horas en las que se aprecia el sol, no de las horas de luz.

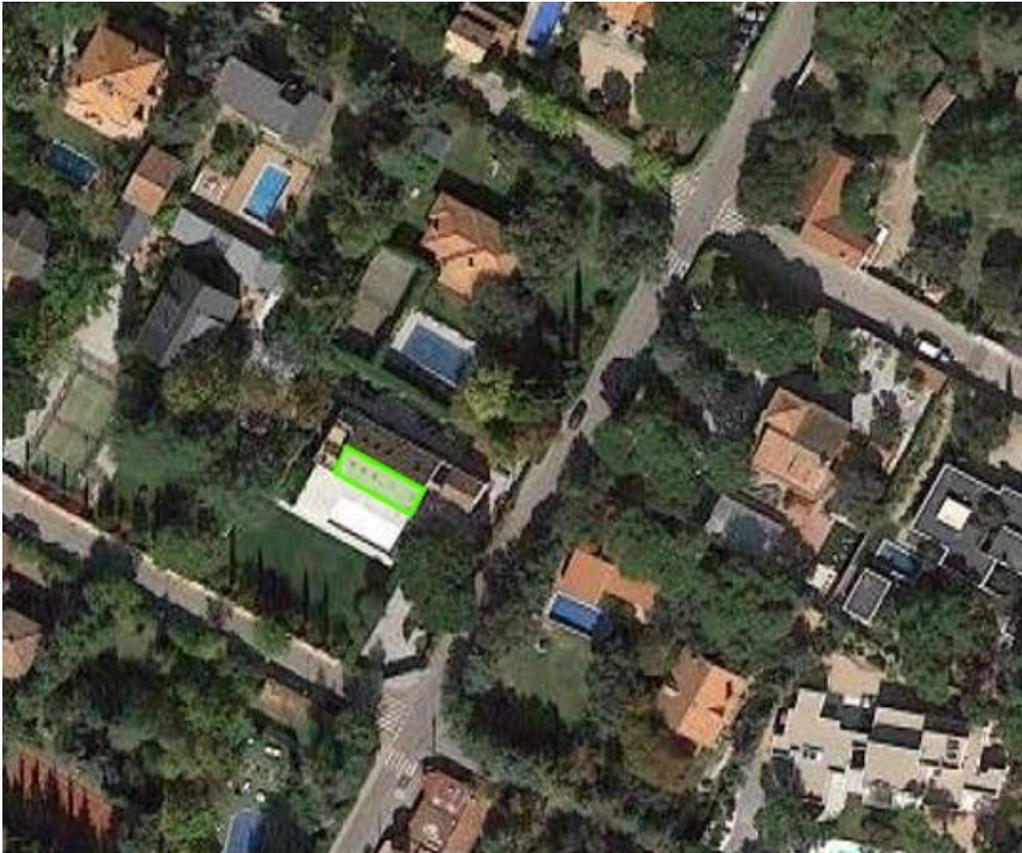
Poniendo el foco en la energía eólica, destaca el dato de la velocidad del viento. Esto se debe a que la velocidad del viento es muy constante, cercana a los 3 m/s. Tras revisar una gama amplia de aerogeneradores domésticos, se considera que esta tecnología es de difícil implementación en la ubicación de Torrelodones.

La causa principal es el pliego de condiciones técnicas de esta tecnología. El kit eólico requiere un valor de velocidad de viento mínimo para poner en marcha la tecnología de 4 m/s, pudiendo luego mantener la rotación hasta 3 m/s. Sin embargo, las condiciones meteorológicas de la zona hacen que esta tecnología sea poco eficiente para su uso. La linealidad de viento hace que su puesta en marcha sea imposible en la mayoría de los meses del año.

Por lo tanto, no se seguirá con el estudio en profundidad debido al incumplimiento de las condiciones mínimas de la tecnología. Se adjunta un catálogo como ejemplo de la marca TESUP en el **Anexo III** del documento con los requerimientos de dicha tecnología.

b. Particularidades de la vivienda.

Cada instalación posee unas características que la hacen única. Por lo tanto, es necesario realizar una investigación en profundidad de cada una de ellas. Para comenzar, se representará la superficie utilizada para la realización del proyecto. Se estudia en primer lugar el tejado del primer inmueble dentro de la finca del propietario.



*7 Superficie utilizada finca 1. Google Maps.*

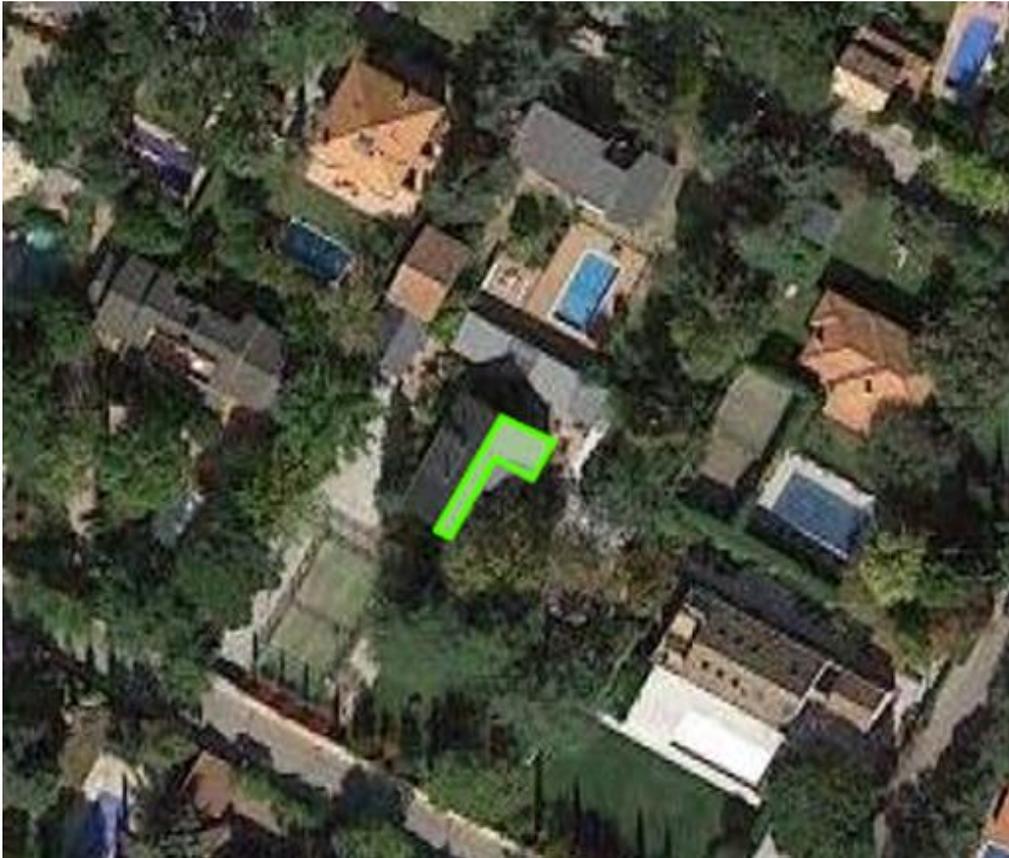
La elección de la parte del tejado remarcada en la imagen para la instalación se debe a su orientación. La superficie seleccionada se encuentra en el sureste, lo que le permite recibir el mayor número de horas de sol al día. La otra superficie apta para la aplicación de esta tecnología recibe menos radiación solar y presenta una inclinación mucho más problemática.

Para poder estudiar la viabilidad de la tecnología solar, es necesario conocer la superficie disponible en el tejado. En este caso, disponemos de una superficie rectangular de 15,6 x

5,25 metros. En la cubierta destacan 4 ventanas de 140 x 110 centímetros. Se adjunta el plano de la superficie disponible en la sección de planos (3.6), como **Plano I**.

La inclinación de la cubierta inicial es de 30°. Este dato es necesario para analizar si es necesaria la implementación de soportes adicionales en el tejado para maximizar el ángulo de colocación de las placas.

La segunda superficie que se estudia corresponde al segundo contrato. Se adjunta una imagen de la superficie disponible en este segundo inmueble en la misma finca.



*8 Superficie utilizada finca 2. Google Maps.*

Aunque están en la misma zona geográfica, su ubicación presenta algunas diferencias. En primer lugar, el tejado seleccionado está orientado al noreste. Se ha escogido el lado noreste en lugar del suroeste por el mismo motivo que anteriormente, maximizar las horas de sol.

Sin embargo, la cubierta tiene un elemento que limita sus posibilidades en gran medida. Un árbol grande impide utilizar la mayor parte del tejado durante las horas de máxima insolación debido a su sombra. Por lo tanto, se estudia la posibilidad de retirar el árbol para aprovechar el tejado para la instalación de tecnología.

Esta posibilidad se descarta debido a la ley 8/2005 acerca del arbolado urbano, que prohíbe la tala, el arranque o el abatimiento de árboles con más de diez años de antigüedad o veinte centímetros de diámetro de tronco a nivel del suelo que se ubiquen en suelo urbano. En el caso del árbol que interrumpe la penetración del sol en la vivienda, cumple ambas condiciones, por lo que no es una opción viable su tala.



*9 Árbol interrupción de sol. Elaboración propia.*

Teniendo en cuenta la imposibilidad de la tala del árbol, la orientación de la cubierta y la contribución del consumo de esta finca al consumo total, se desestima la cubierta del tejado de la segunda finca. De ahora en adelante, se proseguirá con el estudio únicamente de la cubierta del primer contrato.

c. Inclinación óptima paneles.

La inclinación de los paneles solares es una característica esencial para la penetración de la radiación solar y el rendimiento de la tecnología. Para optimizar la inclinación de los

paneles solares, se utiliza una herramienta proporcionada por la Unión Europea. La herramienta interactiva PVGIS-5 permite hacer una estimación de la instalación, siendo esencial para calcular el ahorro que supone la misma. Además, utilizando la ubicación de la casa y la orientación del tejado, es capaz de analizar la inclinación óptima de los paneles.

| <b>Resultados de la simulación</b> |            |
|------------------------------------|------------|
| Ángulo de inclinación:             | 36 (opt) ° |
| Ángulo de azimut:                  | 0 (opt) °  |

*10 Resultado simulación PVGIS-5.*

Los datos de la simulación indican la posición óptima de los paneles tanto en su inclinación como en su orientación. La orientación óptima del tejado debería ser completamente al sur. La referencia de azimut está en el sur, por lo que el resultado óptimo es de 0 grados. Actualmente, los paneles están desviados aproximadamente 5 grados respecto a su ángulo óptimo, ya que están orientados hacia el sureste.

En cuanto al ángulo de inclinación, la posición óptima es de 36°. Por lo tanto, se podría optimizar la instalación ajustando 6° más. Se estudiará la posibilidad de utilizar soportes para corregir la variación respecto al ángulo óptimo.

### 3.4. Selección de la tecnología aplicable en el proyecto.

En esta sección y a modo de aclaración, se resume el trayecto hasta la tecnología elegida para la realización del proyecto. En primer lugar, las tecnologías de domótica y automatización se descartan por su gran extensión. Además, muchas de ellas ya están aplicadas en partes de la vivienda y no llevarían a un cambio sustancial.

La energía térmica se descarta por distintos motivos. La geotérmica llevaría un coste muy elevado debida la necesidad de obra en la vivienda y la solar térmica no se elige por la extensión limitada del proyecto.

Finalmente se descarta la energía eólica por cuestiones técnicas. Por lo tanto, se estudia en profundidad la energía solar fotovoltaica. Más específicamente en uno de los dos inmuebles de la finca, que goza de mejores posibilidades geográficas.

### 3.5. Recursos tecnología.

#### 3.5.1. Placas solares fotovoltaicas.

En el cálculo de las placas solares necesarias, es esencial tener en cuenta el tamaño de los paneles solares, así como su potencia. También se considerará el espacio disponible para aprovechar al máximo la distribución de los paneles.

Tras realizar un análisis de mercado de los distintos fabricantes de placas solares, finalmente, se eligen los paneles de JA SOLAR por su relación calidad-precio. Se adjunta el catálogo en el **Anexo IV**. La elección de los paneles solares de dicha marca se realiza también teniendo en cuenta el tamaño de estos.

Para poder realizar el dimensionamiento, se lleva a cabo un estudio de las distintas placas solares que ofrece la compañía, con el fin de determinar cuántas serán necesarias para cubrir el consumo. Se utiliza el valor medio de horas de sol al día de la tabla dos, así como el valor del consumo total del primer contrato.

El valor del número de placas se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}placas = \left( \frac{C}{h_{sol}} \right) * K_{per} * \frac{\left( \frac{1000W}{1kW} \right)}{P} \quad [2]$$

Cada uno de los componentes de la fórmula se expresan en la tabla tres. Se especifica aquí el significado de cada uno de ellos para mayor entendimiento.

*C: Consumo anual de energía [kWh]*

*h<sub>sol</sub>: Horas de sol recibidas a lo largo del año [h]*

*K<sub>per</sub>: Factor de pérdidas debido a temperatura*

*P: Potencia de la placa solar [W]*

Es importante resaltar que el número de placas obtenido se aproxima al siguiente número natural para así conseguir el autoconsumo. Una vez obtenido estos valores, se analiza el caso y se intentará maximizar la cantidad de paneles solares de la instalación en el tejado teniendo en cuenta las limitaciones.

|                                      | JAM60S20-<br>365/MR/1500<br>V | JAM60S20-<br>370/MR/1500<br>V | JAM60S20-<br>375/MR/1500<br>V | JAM60S20-<br>380/MR/1500<br>V | JAM60S20-<br>385/MR/1500<br>V | JAM60S20-<br>390/MR/1500<br>V |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Consumo anual (kWh)</b>           | 47793,72                      | 47794,72                      | 47795,72                      | 47796,72                      | 47797,72                      | 47798,72                      |
| <b>Horas solares recibidas (año)</b> | 3241,2                        | 3241,2                        | 3241,2                        | 3241,2                        | 3241,2                        | 3241,2                        |
| <b>Factor de pérdidas</b>            | 1,15                          | 1,15                          | 1,15                          | 1,15                          | 1,15                          | 1,15                          |
| <b>Potencia placa (W)</b>            | 365                           | 370                           | 375                           | 380                           | 385                           | 390                           |
| <b>Nº placas</b>                     | 47                            | 46                            | 46                            | 45                            | 44                            | 44                            |

*Tabla 3 Optimización del número de placas. Elaboración propia.*

Analizando los resultados, se determina que para cualquiera de los tipos de paneles solares ofrecidos por JA SOLAR serán necesarias mínimo 44 placas solares para alcanzar el autoconsumo. De entre todas las posibilidades, se escogen los paneles más potentes al ser todos de igual tamaño. Sin embargo, debido a la limitación de espacio, es posible que la capacidad de instalación sea menor al valor de autoconsumo. Esto significará no alcanzar el autoconsumo total, aunque reducirá considerablemente la factura eléctrica.

Se ha elegido esta marca no porque tenga los paneles más potentes, sino por su capacidad de distribución en la cubierta y su precio. Los paneles más pequeños permiten aprovechar mejor el espacio disponible. Utilizando las medidas de los paneles disponibles en el Anexo IV, se ha estudiado la posible optimización y colocación en la cubierta. El plano con la distribución óptima se encuentra en la sección de planos, **Plano II**.

Después de analizar las posibilidades de la cubierta, la mejor distribución con el tamaño de los paneles permite instalar un total de 31 placas solares. Como se ha explicado anteriormente y se detallará en futuros apartados, esto reducirá significativamente el consumo energético.

La conexión de los paneles será una mezcla entre serie y paralelo debido a que cada uno trabaja aproximadamente a 36V, lo que facilitará encontrar el resto de los elementos con una conexión híbrida. Este detalle se especificará en el apartado de cables.

### 3.5.2. Inversor.

El inversor es un elemento esencial en la instalación fotovoltaica. Para elegir correctamente, es necesario tener en cuenta el consumo, el tipo de instalación del sistema fotovoltaico y la potencia. Existen varios tipos de inversores en el mercado, por lo que se debe estudiar cuál es el más adecuado para una instalación con las características explicadas. Por lo tanto, se escogerá un inversor de tipo cadena, que es el más adecuado para conexiones de paneles en serie y paralelo. Para cubiertas sencillas y sin sombra, como es el caso, es el más indicado. Además, es uno de los más económicos disponibles. [CEL21]

Para dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la instalación de paneles solares del apartado anterior. Además, tras una investigación sobre cómo dimensionar la instalación, se destaca la necesidad de conocer las horas de sol pico de la ubicación. En el apartado de condiciones meteorológicas se presentaron los datos de horas de sol al día, que difieren en significado de horas de sol pico.

Las horas de sol se refieren al tiempo total durante el cual la cubierta recibe luz solar al día. Las horas de sol pico se refieren a la energía recibida con una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> durante 1 hora cada día. [FAC23]

Por lo tanto, es necesario obtener las horas de sol pico que recibe la cubierta. Se utiliza un software que obtiene la información de las horas solares a partir de la base de datos PVGIS-SARAH2. El software está disponible en la página web de Renewable Energy & Technology, que ofrece calculadoras para el dimensionamiento de distintas instalaciones de energías renovables. Se adjunta en la tabla cuatro los valores obtenidos del software.

| Mes        | Horas de sol pico al día. [kWh/m2/d] |
|------------|--------------------------------------|
| Enero      | 3,68                                 |
| Febrero    | 4,64                                 |
| Marzo      | 5,4                                  |
| Abril      | 5,92                                 |
| Mayo       | 6,55                                 |
| Junio      | 7,16                                 |
| Julio      | 7,67                                 |
| Agosto     | 7,35                                 |
| Septiembre | 6,43                                 |
| Octubre    | 5                                    |
| Noviembre  | 3,71                                 |
| Diciembre  | 3,63                                 |
| Media      | 5,595                                |
| HSP Anual  | 2043,89                              |

Tabla 4 Horas de sol pico en Torrelodones. Renewable Energy & Technology.

Para la optimización es necesario conocer la capacidad total del sistema fotovoltaico instalado. Se cuenta con una instalación de 31 paneles solares de 390W de potencia cada uno.

$$Potencia\ Total\ Sistema = N^{\circ}\ pan * Pot_{panel} = 31 * 390 = 12,09kW \quad [3]$$

Una vez calculada la potencia total del sistema, se calcula la energía generada anualmente por el sistema. Para ello es necesario tanto la potencia total del sistema en kW como las horas de sol pico anuales.

$$\begin{aligned} Energía\ Generada\ Anual &= Potencia_{Total} * HSP = 12,09 * 2043,89 \\ &= 24720,28\ kWh \quad [4] \end{aligned}$$

Esta energía está calculada en su punto óptimo. Es decir, es la energía generada anual teórica.

Como se puede observar, hay una diferencia clara entre el consumo de energía de la vivienda y la energía generada anualmente. El inversor debe ser capaz de manejar la capacidad del sistema fotovoltaico. Por lo tanto, se debe elegir un inversor con una potencia entre 10 kW y 15 kW para maximizar la eficiencia. Además, como se estudiará

en elementos posteriores debido a su conexión, debe ser capaz de recibir una intensidad mínima de 60 A para garantizar su funcionamiento.

Después de estudiar la oferta del mercado, se ha determinado que la mejor opción para estas características es el inversor Sunny Tripower 15000 TL de SMA. Este modelo ofrece potencias de 15 kW, 20 kW y 25 kW. En este caso, se ha elegido el de 15 kW. Se adjunta el catálogo en el **Anexo V**.

### 3.5.3. Baterías.

El uso de baterías en una instalación fotovoltaica depende del tipo de conexión que se vaya a realizar. Estudiando los resultados de los elementos anteriores, se puede observar una brecha entre la generación de energía y la demanda de la vivienda.

Más concretamente, la generación del sistema propuesto es de 24,720.28 kWh anualmente, mientras que la demanda anual asciende a 47,793.72 kWh. Esta notable diferencia hace imposible ser independiente de la red. Por lo tanto, el sistema será un sistema conectado a red.

Las características de los sistemas conectados a la red hacen que el uso de baterías sea innecesario. En periodos de exceso de generación, el excedente puede ser vertido a la red y, en caso de demasiada demanda, la vivienda puede abastecerse de ella.

### 3.5.4. Soportes / estructura de montaje.

La estructura de montaje de los paneles solares es un proceso que requiere de un estudio del tipo de techo, inclinación, orientación, peso y tipo de material.

En primer lugar, es esencial elegir una estructura que soporte el peso de la instalación. En el caso del sistema propuesto, cada panel solar tiene un peso de 20,7kg con un 3% de margen. Se dimensiona para un panel solar de peso de 21,5kg para superar ese margen en aproximadamente 180 gramos por panel.

$$\text{Peso Total} = N^{\circ} \text{ placas} * \text{Peso}_{\text{placa}} = 31 * 21,5 \text{ kg} = 666,5 \text{ kg} \quad [5]$$

El peso tendrá su relevancia en el estudio de los factores meteorológicos que se presenta a continuación. Se comprobará la viabilidad de la utilización de soportes haciendo referencia a condiciones climatológicas adversas: viento y nieve.

Los datos del viento se presentaron en apartados anteriores, deben cumplir la normativa aplicable en Europa es el Eurocódigo 1 y en España **UNE-EN 1991-1-4:2005**. Esta normativa establece las cargas de viento para Europa y las normativas locales españolas complementan para distintas ubicaciones. Para áreas urbanas establece un máximo de entre 27 y 32 m/s, Por lo tanto, no condiciona la instalación.

Otra condición climatológica es la nieve, en este caso se rige por el Eurocódigo 1 y en España **EN 1991-1-3:2003**. Este código establece las cargas de nieve para las estructuras. En España este valor depende de la altitud y la región. Torrelodones se encuentra a una altitud de aproximadamente 845 metros sobre el nivel del mar. Para este tipo de regiones la norma **NBE-AE-88** establece que la carga de nieve puede estar en el rango de 0,9-1,5 kN/m<sup>2</sup> sin que haya fallas.

Para poder contrastar este valor máximo, se presentan los datos de carga de nieve en Torrelodones. Mediante un software de DLUBAL que recoge los datos oficiales de carga de nieve, se observa que la carga de nieve máxima en Torrelodones se encuentra en 0,88kN/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, no hay ningún inconveniente tampoco en este factor.

Con la configuración de paneles presentada en **Plano II**, se estudia la posibilidad de utilizar unos soportes que permitan posicionarlo en su inclinación óptima. En este estudio es relevante la sombra que dan los paneles y, por tanto, la distancia necesaria entre ellos.

Para calcular la sombra que dan los paneles solares, hay dos factores clave: la altura del panel y la altura solar. Este concepto es el ángulo formado entre la posición del Sol y un observador en la Tierra. [MBG24] Para el cálculo de la altura solar se utiliza la siguiente fórmula:

$$\textit{Altura solar} = 90^\circ - \textit{latitud} + \textit{declinación solar} \quad [6]$$

En este caso, la latitud de Torrelodones es de 40, 6° y la declinación depende de la estación del año en la cual nos encontremos. La más desfavorable para el ángulo ocurre en invierno, con un -23, 45°.



11 Variación de la declinación solar a lo largo del año. PVEducation.

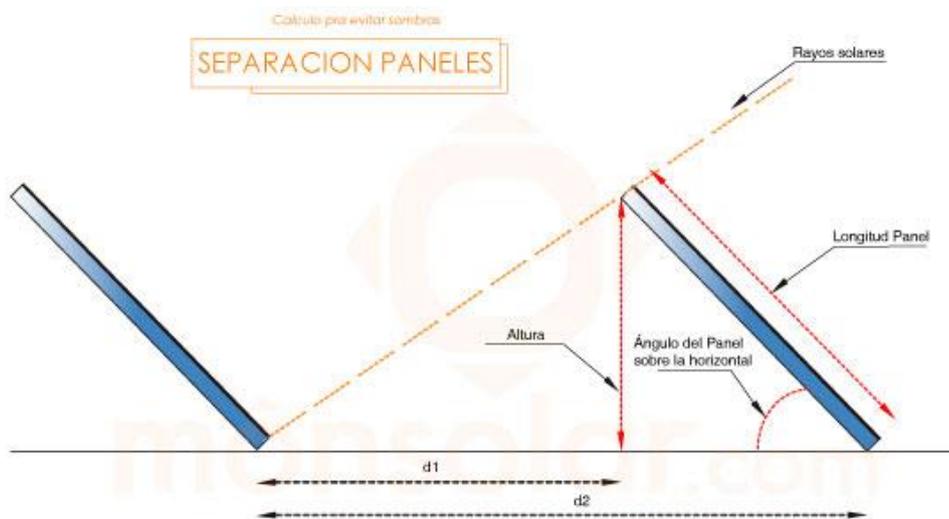
Por lo tanto, el cálculo de la altura solar queda:

$$\text{Altura solar} = 90^\circ - 40,6^\circ - 23,45^\circ = 25,95^\circ \quad [7]$$

Para calcular la separación mínima se realizan unos cálculos trigonométricos básicos. Con lo explicado anteriormente, se calculan las longitudes de las sombras en invierno y en verano para comprobar la variación.

$$\text{Longitud sombra}_{\text{Invierno}} = \frac{\text{Altura panel}}{\tan(\text{Ángulo solar})} = 3,65 \text{ metros} \quad [8]$$

$$\text{Longitud sombra}_{\text{Verano}} = \frac{\text{Altura panel}}{\tan(72,85^\circ)} = 0,54 \text{ metros} \quad [9]$$



12 Separación mínima de paneles solares. Monsolar.

Se dimensiona con el valor de la sombra en invierno. Sin embargo, es notable que, aun sabiendo que la inclinación inicial del tejado reduce la longitud de la sombra, habría que disminuir los paneles solares. En este caso, y en referencia al **Plano II**, habría que eliminar los tres paneles horizontales para tener un rendimiento aceptable en los meses de invierno.

Se estudian dos alternativas, la eliminación de los paneles solares mencionados o la no implementación de soportes ajustables. Se realiza con el software de simulación mencionado previamente de la Unión Europea. Introduciendo las variables de inclinación, potencia instalada, orientación y localización será capaz de estimar la producción anual de energía.

| Solución               | Reducción paneles | No uso de soportes ajustables |
|------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Nº Paneles             | 28                | 31                            |
| Potencia instalada (W) | 10920             | 12090                         |
| Inclinación (°)        | 36                | 30                            |
| Producción anual (kWh) | <b>17421,27</b>   | <b>19187,89</b>               |

*Tabla 5 Alternativas en el uso de soportes. PVGIS.*

A la vista de los resultados, resulta más efectiva la implementación de más paneles solares para aumentar la producción anual de energía. Por lo tanto, el sistema de soporte será únicamente para el soporte de la instalación.

Finalmente, es importante elegir un material que aguante la corrosión, que sea impermeable y que se pueda montar en pizarra.

Se estudia la oferta de soportes y se elige de entre aquellos con mayor calidad-precio. Se elige la empresa K2 System, se presenta el catálogo en el **Anexo VI**.

### 3.5.5. Medidor bidireccional.

Previamente a la selección del medidor bidireccional, es necesario conocer los datos principales del sistema. En este caso se dimensiona por su intensidad máxima. Calculada a través de la potencia y el voltaje del sistema. Debido a que el medidor se encuentra en la entrada a red, la tensión será la que sale del inversor en alterna, 230V.

$$I_{max} = \frac{P}{V} = \frac{12090W}{230V} = 52,57A \quad [10]$$

Este valor se refiere al valor máximo que el sistema puede manejar. Con ello, seremos capaces de elegir un medidor adecuado para el sistema.

Se estudia la oferta del mercado, con un criterio calidad-precio como en el resto de los elementos, se escoge del catálogo SCHNEIDER ELECTRIC. Se adjunta el catálogo del sistema elegido en el **Anexo VII**.

#### 3.5.6. Sistema de monitoreo.

En la selección del sistema de monitoreo nos basamos principalmente en las características que ofrecen. Además, debe de ser compatible con el inversor elegido para la instalación.

Por lo tanto, se busca un inversor en el mercado compatible con el inversor, capaz de gestionar el consumo y optimizar la eficiencia. De entre las posibilidades se sigue el mismo criterio con relación calidad-precio. Se adjunta en el **Anexo VIII** el catálogo con las características del SMA Sunny Portal elegido.

#### 3.5.7. Interfaz de desconexión.

Para dimensionar el elemento de desconexión, se debe tener en cuenta la capacidad del sistema. Del cálculo del medidor bidireccional se sabe que debe soportar una intensidad de 52,57 A y una tensión de 230 V.

Únicamente se debe elegir un modelo de interfaz adecuado a las necesidades o gustos del consumidor. En este caso, se elegirá una interfaz de desconexión manual. Esta elección se debe a la conexión del sistema de monitoreo y medidor bidireccional. Son dos medidas de seguridad que permiten conocer en cualquier momento el estado del sistema.

De entre las posibilidades de mercado, con criterio calidad-precio se elige el interruptor de carga Interpact INS100 de SCHNEIDER ELECTRIC. Se adjunta el catálogo en el **Anexo IX** de este documento.

### 3.5.8. Cableado.

La conexión de los distintos elementos de la instalación se realiza mediante cableado. Para ello, se deben tener en cuenta las conexiones entre los paneles y entre los demás elementos de la instalación. Habrá cables entre paneles, de paneles a cajas de empalme, entre cajas de empalme y de caja de empalme a inversor.

Para poder seccionar el tamaño de cada cable, es esencial diseñar la conexión de los paneles solares. Para ello, se deben respetar los parámetros de diseño de los distintos elementos utilizados. La corriente máxima permitida debe ser de 57,5 A y las conexiones de las series no deben superar los 230 V. Cada panel trabaja a 36V.

En primer lugar, debemos asegurarnos de que el voltaje total de las series no supera los 230V.

$$N^{\circ} \text{ paneles en serie} = \frac{230V}{36V} = 6,39 \quad [11]$$

Se redondea hacia abajo para no superar el límite. Es decir, se pueden poner como máximo 6 paneles en serie. El voltaje por serie será de 216V. La intensidad que pasará por los paneles en serie será:

$$\text{Corriente cada panel} = \frac{390 W}{36 V} = 10,83 A \quad [12]$$

Además, debemos de calcular cuantas series en paralelo se pueden poner en paralelo sin exceder los 57,5 A.

$$N^{\circ} \text{ de series en paralelo} = \frac{52,75 A}{10,83 A} = 4,85 A \quad [13]$$

El número de series que nos daría sería 4. Esto dificultaría la instalación de 7 paneles solares. Sin embargo, previendo este posible problema, se escogieron los límites de los elementos de la instalación en mínimo 60 A.

$$N^{\circ} \text{ de series en paralelo} = \frac{60 A}{10,83 A} = 5,54 A \quad [14]$$

De la misma forma, se redondea al número inferior, 5. Por lo tanto tendremos 6 paneles en serie conectados entre sí. Estas series se conectarán en paralelo con las otras series. De esta forma garantizando la posibilidad de conexión de 30 paneles solares. De la propuesta

inicial de distribución de paneles, se queda un panel fuera debido a la imposibilidad de entrar en los límites de las características del sistema.

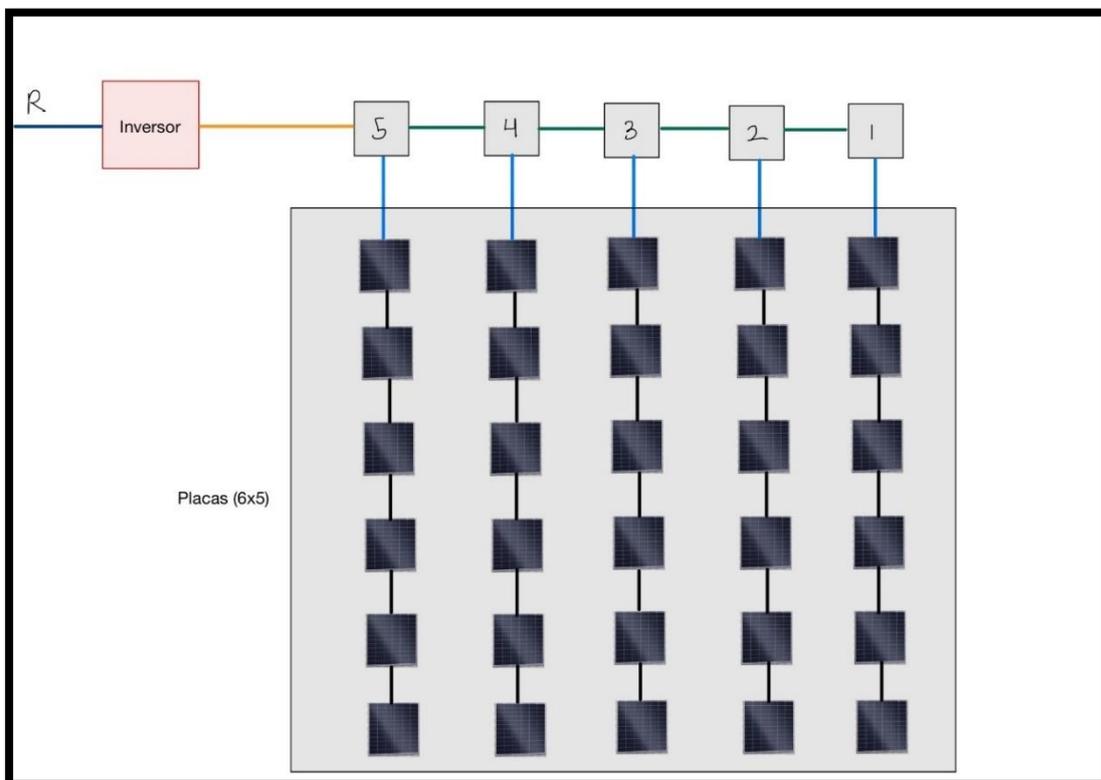
Se elimina un panel solar de los laterales para ahorrar costes en cables. Más específicamente se elimina del lateral contrario donde irá el inversor. Se adjunta la nueva distribución en la sección de planos (3.6) como **Plano III**. En este caso, se incluye la ubicación del inversor, se encontrará ubicado en una terraza disponible. Se ajustan los datos de potencia total y energía generada total. La intensidad no dará ningún problema al reducirse la potencia del sistema.

$$Potencia\ Total\ Sistema = N^{\circ}\ pan * Pot_{panel} = 30 * 390 = 11,7kW \quad [15]$$

$$EnergíaGenT = Potencia_{Tot} * HSP = 11,7 * 2043,89 = 23913,51\ kWh \quad [16]$$

Utilizando el software de la Unión Europea aplicando la inclinación del tejado, la desviación y un factor de 12% de pérdidas, se obtiene una energía generada de 18745,52kWh. Este valor es calculado y se utiliza en detrimento del teórico.

A continuación, se adjunta un esquema de elaboración propia en el cual se observa las distintas conexiones entre elementos.



13 Esquema conexión de la instalación. Elaboración propia.

Para dimensionar cada tipo de cable, se tendrá en cuenta el dato más limitante dentro de cada tipo. En el caso de cada serie, la tensión irá en aumento hasta el último panel por lo que se dimensionará para 216V. Esto se realiza para facilitar la instalación y tener margen de maniobra.

De la misma forma, cuando se seccionan los cables necesarios para los paralelos, se utiliza la intensidad del total para así no fallar en el dimensionamiento.

Se utiliza la fórmula de dimensionamiento de cables típica que tiene en cuenta tanto el tipo de material que se elige las condiciones características del sistema.

$$A = I * \rho * \frac{L}{Vd} \quad [17]$$

$Vd =$  caída de voltaje permitida

$I =$  corriente total

$\rho =$  resistividad del material

$L =$  longitud del cable

Destacan varios datos en la fórmula. En primer lugar, la caída de voltaje permitida en un cable se estima de aproximadamente el 2% de su valor. Además, la resistividad es de  $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  debido al material elegido. En este caso se escogen cables de cobre debido a su excelente conducción, y su capacidad para estar en exteriores.

Finalmente, destaca que la sección se calcula teniendo en cuenta el total de longitud que se usará con las condiciones del sistema mencionadas anteriormente. Esto se realiza como medida de seguridad de sobredimensionamiento y para utilizar el mismo tipo de cable en cada caso.

| Tipo de cable        | Placa-Placa | Placa-Caja | Caja-Caja | Caja-Inversor | Inversor-Red |
|----------------------|-------------|------------|-----------|---------------|--------------|
| $I_{max}$ (A)        | 10,83       | 10,83      | 54,15     | 54,15         | 54,15        |
| $V_{max}$ (V)        | 216         | 216        | 216       | 216           | 216          |
| Cdt (V)              | 4,32        | 4,32       | 4,32      | 4,32          | 4,32         |
| Nº cables            | 5           | 1          | 4         | 1             | 1            |
| Longitud/cable (m)   | 1           | 2          | 4         | 5             | 20           |
| Longitud (m)         | 10          | 4          | 32        | 10            | 40           |
| Sección mínima (m2)  | 4,21E-07    | 1,68E-07   | 6,74E-06  | 2,11E-06      | 8,42E-06     |
| Sección mínima (mm2) | 0,42        | 0,17       | 6,74      | 2,11          | 8,42         |

Tabla 6 Dimensionamiento sección de cables. Elaboración propia.

Se busca en el mercado cables que cumplan con las secciones mínimas de cada caso. Con una relación calidad precio, se eligen los de PRYSMIAN GROUP. Se adjunta el catálogo en el **Anexo X** en el cual se encuentran las posibilidades de cable de distintas secciones.

#### 3.5.9. Protecciones.

Las protecciones que se utilizan en las instalaciones fotovoltaicas dependen de su ubicación. En este caso se utilizan protecciones para paneles solares, protecciones para el sistema y protección de sobretensión. Estos elementos impedirán fallas en otros elementos, aunque, en ningún caso, dañarán la red debido a la interfaz de desconexión. La elección de todos los elementos se hará con criterio de calidad-precio cumpliendo todas las características que sean necesarias en cada caso.

Para las protecciones de los paneles solares, se utilizan unos de 15A, un margen suficiente de sobredimensionamiento. Se elegirán de la marca LITTLEFUSE y se añade el catálogo en el **Anexo XI**.

Las protecciones del sistema se harán siguiendo la misma base, en este caso deben de soportar 54,15A. Por lo tanto, se cogerán unos disyuntores de la marca SCHNEIDER ELECTRIC de 63A para dar un margen suficiente. El catálogo se adjunta en el **Anexo XII**.

Para proteger el sistema de sobretensiones, se elegirá una protección de la marca DEHN. En este caso no debe de pasar de 230V con un margen. Se adjuntará el catálogo en el **Anexo XIII** de este documento.

#### 3.6. Normativa.

Toda instalación fotovoltaica que se lleva a cabo debe ajustarse a un marco legal. Estas normativas pueden ir desde un marco europeo, estatal, autonómico o, incluso, municipal.

Por lo tanto, se deben cumplir los requisitos de todas las entidades mencionadas. Se extraen con el uso de Inteligencia Artificial. Los prompts elegidos fueron: *Para una instalación fotovoltaica en Torreldones, ¿qué normativas, regulaciones o leyes rigen a nivel europeo, estatal, autonómico y municipal? y ¿difiere en algo el hecho de ser una conexión a red con una aislada en cuanto a normativa?*

Todos y cada uno de las directivas y reglamentos provienen de fuentes fiables como la Comisión Europea, el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, la Comunidad de Madrid o el Ayuntamiento de Torreldones.

#### 3.6.1. Nivel Europeo. Directivas y Reglamentos.

- Directiva 2018/2001/UE sobre la promoción del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Reglamento 2019/941 sobre los riesgos en el sector de la electricidad.
- Reglamento 2019/942 por el que se crea la Agencia de la Unión Europea para la Cooperación de los Reguladores de la Energía.
- Directiva 2019/944/UE: normas comunes para el mercado de la electricidad.
- Reglamento 2016/631/UE (Código de Red de Generadores): Establece requisitos para la conexión de generadores a la red, incluyendo instalaciones fotovoltaicas.

#### 3.6.2. Nivel Estatal. Normativas y regulaciones.

- Real Decreto 244/2019: Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 24/2013, del Sector Eléctrico: Regula el sector eléctrico, incluyendo la generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011: Establece las condiciones de conexión a la red de pequeñas instalaciones de producción de energía eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación (CTE): Incluye especificaciones técnicas para la integración de sistemas fotovoltaicos en edificaciones, como la carga de nieve.

#### 3.6.3. Nivel Autonómico. Normativas y programas regionales.

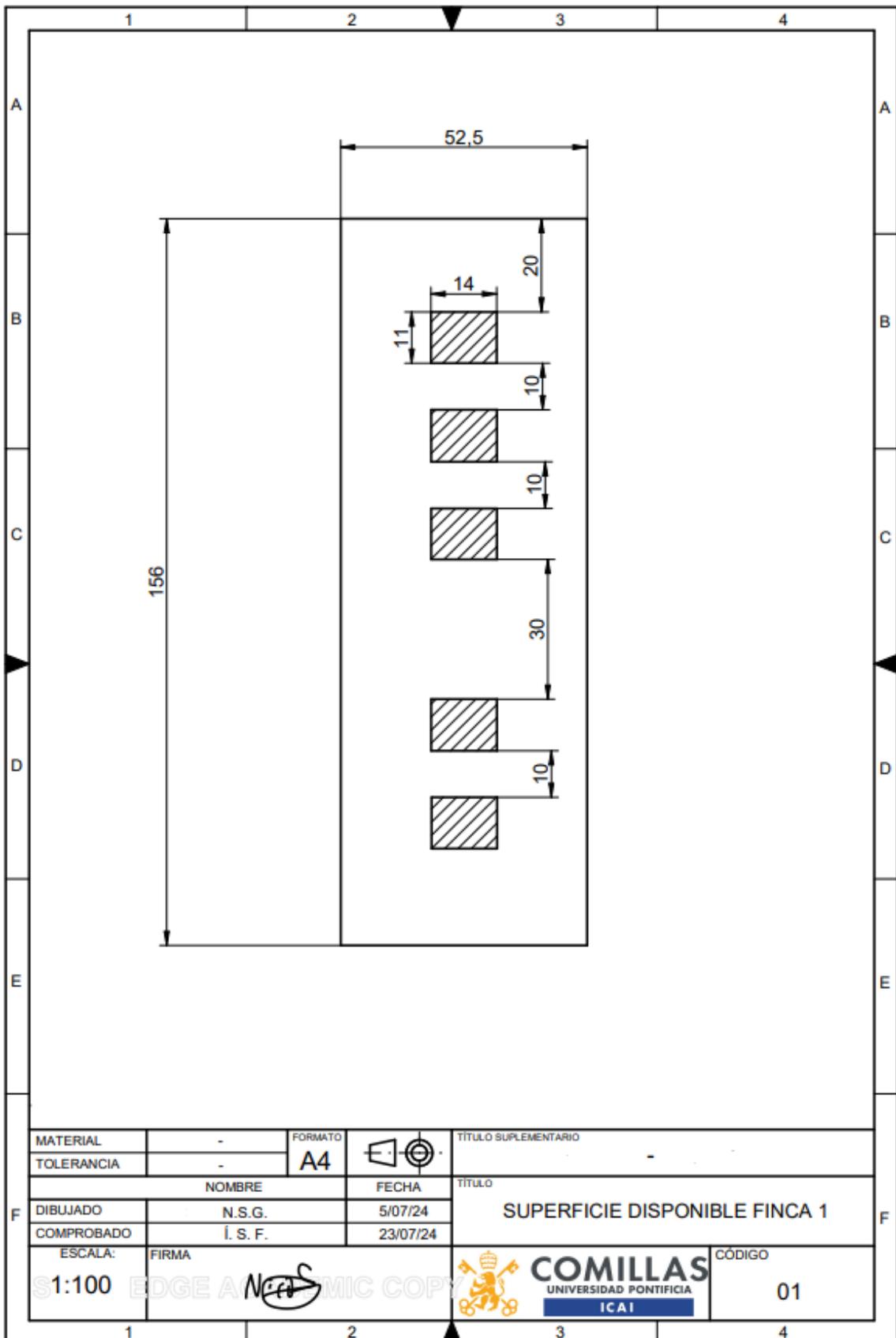
- Estrategia de Sostenibilidad Energética de la Comunidad de Madrid 2014-2020: Fomenta el uso de energías renovables y la eficiencia energética en la región.
- Ley 9/2001 del Suelo de la Comunidad de Madrid: Regula el uso del suelo y la implantación de instalaciones energéticas.
- No son normativas, pero existen subvenciones a nivel autonómico para la implantación de sistemas fotovoltaicos.

#### 3.6.4. Nivel Municipal.

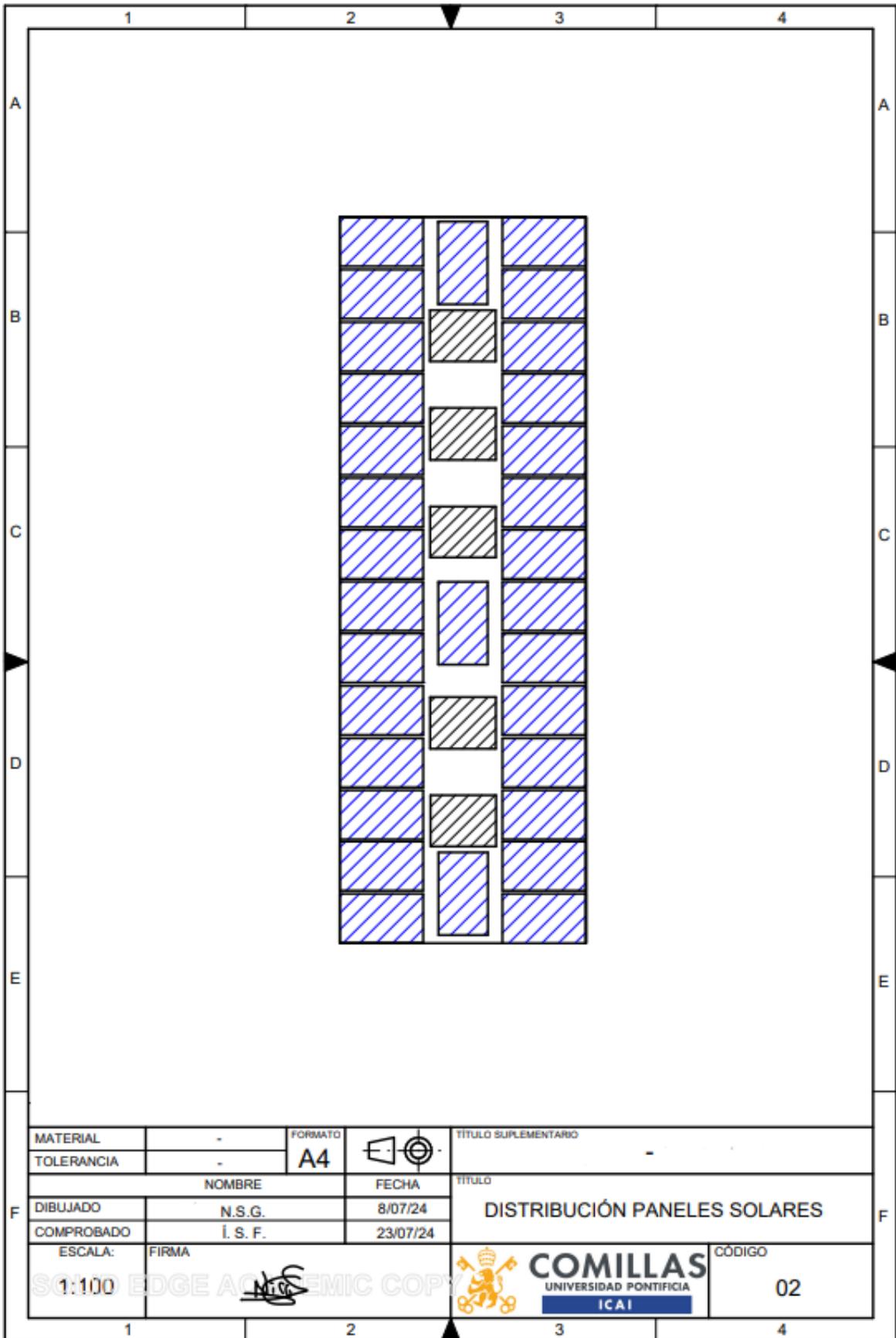
- Ordenanzas municipales de urbanismo.
- Licencias necesarias.
- Plan General de Ordenación Urbana.

3.7. Planos.

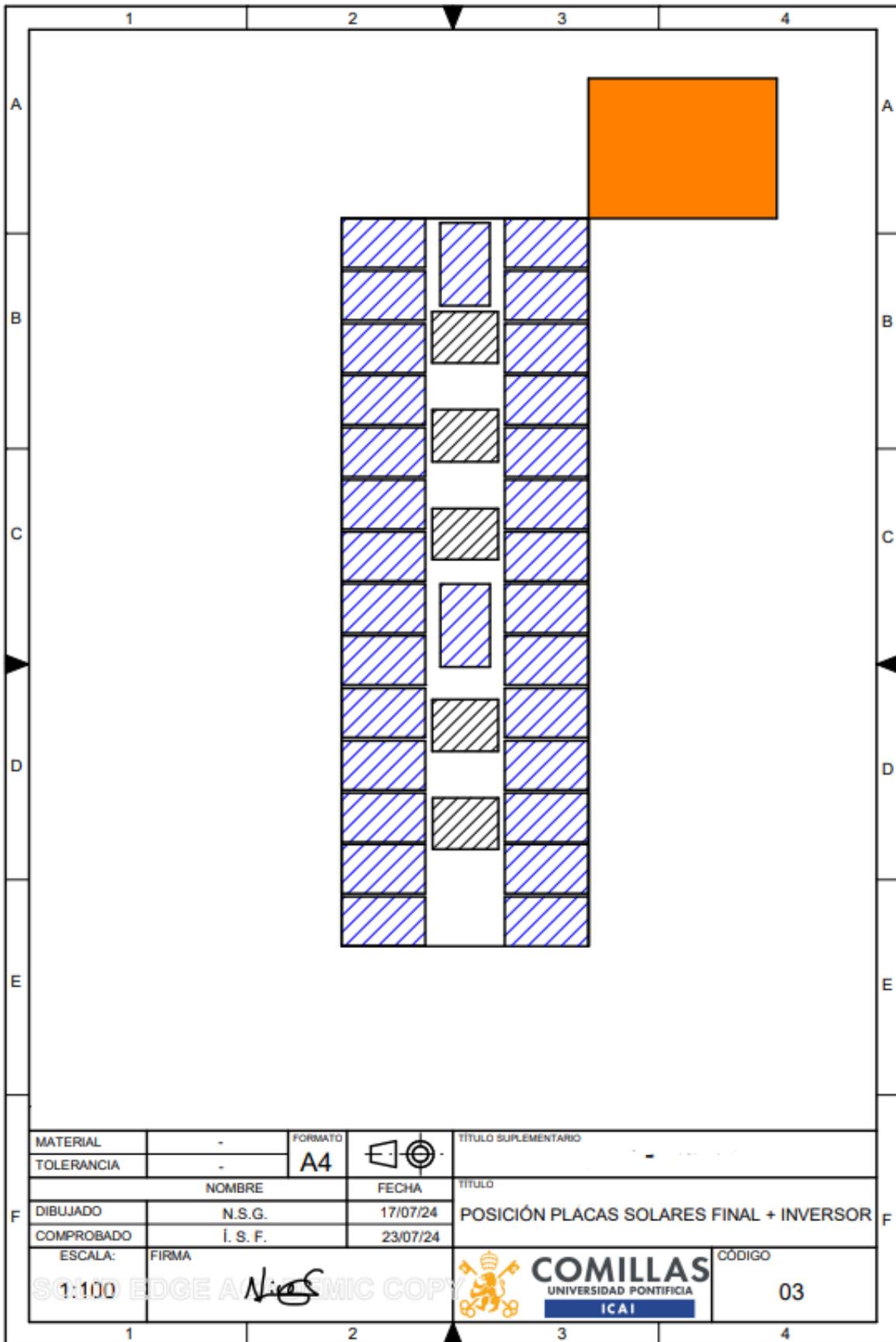
3.7.1. Plano I: Superficie disponible de cubierta en el contrato 1.



3.7.2. Plano II: Distribución óptima de los paneles solares fotovoltaicos en la cubierta.



3.7.3. Plano III: Distribución final de paneles solares.



#### **4. Análisis de resultados.**

##### **4.1. Pliego de condiciones generales y económicas.**

###### **4.1.1. Condiciones generales.**

Objeto del contrato: El pliego de condiciones generales tiene como objeto regular las condiciones para regular las condiciones de instalación, puesta en marcha y mantenimiento de la instalación fotovoltaica.

Documentación contractual: El documento incluye el estudio completo de la instalación junto a las siguientes secciones.

- Pliego de condiciones técnicas.
- Pliego de condiciones económicas.
- Planos necesarios.
- Normativa y licencias.

Obligaciones del contratista: Se detallan las obligaciones por parte del contratista de la instalación fotovoltaica.

- Realizar la instalación en base a las especificaciones técnicas del cliente.
- Ajustarse a las especificaciones económicas del cliente.
- Ajustarse a los plazos establecidos inicialmente.
- Obtener las licencias necesarias y cumplir las normativas exigidas.
- Proporcionar la documentación necesaria para el mantenimiento posterior del sistema.
- Plan cronológico de instalación.

Obligaciones del contratante: Se detallan las obligaciones del contratante del sistema fotovoltaico.

- Facilitar acceso a información específica de la instalación.
- Facilitar acceso al lugar de la instalación.
- Proporcionar las condiciones técnicas que deseen al contratista.
- Proporcionar las condiciones económicas que deseen al contratista.
- Realizar los pagos en los plazos requeridos y acordados.

Garantías: Habitualmente se da una garantía mínima a los equipos en particular que muchas veces viene del fabricante por defectos de fabricación. Además, el contratista da una garantía de la instalación haciéndose cargo de fallos en la mano de obra.

Seguros: El contratista asegura cualquier posible daño durante la ejecución de la obra mediante un seguro de responsabilidad civil.

Modificaciones del contrato: cualquier modificación del contrato se hará firmada por ambas partes.

#### 4.1.2. Condiciones económicas.

Objeto del pliego de condiciones económicas: Tiene como objetivo regular las condiciones financieras del proyecto.

Presupuesto y desglose de costes: El coste total del proyecto se establece en la sección de presupuesto.

Forma de pago: Se establece la forma de pago del cliente, así como los distintos plazos para realizar cada uno de ellos.

Revisión de precios: La revisión de los precios del contrato se hará ajustando al IPC. Además, podría haber una variación de coste de materiales.

Garantías y penalizaciones: Se establecen unas garantías provisionales, de mantenimiento y definitivas para asegurar cumplimiento en esos ámbitos. Además, se establecen penalizaciones en caso de no llegar a los plazos, no cumplir normativas o incumplir especificaciones.

Se podrán incluir bonificaciones acordes a la normativa.

### 4.2. Pliego de condiciones técnicas y particulares.

#### 4.2.1. Condiciones técnicas.

Objeto del pliego de condiciones: Se detallan las especificaciones técnicas de la instalación. Se detallan los requisitos y se explica el contenido del proyecto. Se detallan las principales características, el resto se puede encontrar en los anexos.

a. Placas solares.

- Peso: 20,7 kg con un 3% de variación.
- Dimensiones: 1776mm x 1052mm x 35mm.
- Potencia máxima nominal: 390W.
- Voltaje a máxima potencia: 36V.
- Corriente a máxima potencia: 11<sup>a</sup>.
- Eficiencia del módulo: 20.2%
- Temperatura de operación: -40°C a +85°C.

b. Inversor.

- Peso: 61kg.
- Dimensiones: 661mm x 682mm x 264mm.
- Potencia asignada de CC máxima: 15330W.
- Tensión de entrada máxima: 1000V.
- Tensión de entrada mínima: 150V.
- Corriente máxima total: 66A.
- Potencia asignada (a 230V, 50Hz): 15000W.
- Tensión nominal de CA: 220V/380V.
- Rendimiento: 98%
- Temperatura de operación de -25°C a +60°C.

c. Soportes.

Se detallan las principales características, el resto se puede encontrar en los anexos.

- Fácil anclaje.
- Tipo gancho.
- Compatible con cubierta de pizarra.
- Soportes de acero inoxidable con mínimas necesidades de mecanizado.
- Aptos para exteriores.

d. Medidor bidireccional.

- Medición instantánea de voltaje.

- Medición instantánea de corriente.
- Máxima corriente 63A
- Compatibles con condiciones exteriores.

e. Sistema de monitoreo.

- Disponibilidad multilingüe.
- Visualización de rendimiento y mediciones.
- Monitoreo en tiempo real.
- Generación de informes personalizados.
- Acceso individual y gestión de usuarios.

f. Interfaz de desconexión.

- Corriente nominal de empleo de hasta 100A.
- Tensión máxima de 750V.
- Resistencia a picos de tensión 8kV.
- Temperatura de hasta 60°C.

g. Cableado.

- Material: Cobre recocido. Flexible.
- Temperatura de servicio de -40°C a 90°C.
- Resistencia a fuego, aceite y agentes químicos.
- Tensiones máximas: 1,2kV AC y 1,8kV DC.
- Secciones variables según intensidad admisible.

h. Protecciones.

Para paneles solares:

- Voltaje máximo 1000V DC.
- Rango corriente nominal: 1-30 A
- Cumple normas de seguridad.

Para instalación:

- Ideal para protección de circuitos.
- Corriente nominal hasta 63A.
- Capacidad máxima de descarga: hasta 10kA.

Para sobretensiones:

- Protección de sobretensiones transitorias y permanentes.
- Rango de temperaturas de operación: -25°C a +60°C.
- Capacidad máxima de descarga 40kA.

Requisitos de instalación: se presentan los requisitos mínimos para poder asegurar el funcionamiento.

- Debe asegurar el soporte y fijación de la instalación duradera.
- Debe maximizar la captación solar.
- Las conexiones eléctricas deben cumplir con las normativas eléctricas.
- Debe incluir dispositivos de protección contra sobretensiones y disyuntores adecuados en cada caso.
- Se deben realizar pruebas de funcionamiento, aislamiento y rendimiento.

#### 4.2.2. Condiciones particulares.

En el siguiente se establecen los requisitos específicos de la instalación.

Alcance del proyecto: Se trata de una instalación de 30 paneles solares, inversores y estructura de soporte. El objetivo es la generación de energía eléctrica de fuentes renovables para reducir el consumo de una vivienda.

Los aspectos de contratación de empresa, seguros, riesgos, garantías y mantenimiento son ficticios en este caso, pero tendrían cabida en este pliego.



## 5. Presupuesto.

### 5.1. Recursos.

Se debe tener en cuenta tanto los elementos tecnológicos mencionados como los elementos ajenos y subcontrataciones. Por lo tanto, se realiza una tabla con los distintos elementos y sus respectivas cantidades.

Para saber las horas de instalación con la empresa, se hace una investigación. Suele durar entre unas pocas horas a unos días. Por lo tanto, estimaremos alrededor de 100 horas comparando las distintas ofertas de mercado, con un mínimo de dos operarios. Aun así, lo más complicado del proceso es la obtención de las certificaciones y licencias necesarias para la puesta en marcha.

| <b>Tipo de servicio</b>       | <b>Servicio</b>                             | <b>Cantidad</b>                   |       |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|-------|
| <b>Componentes</b>            | <b>Paneles solares</b>                      | 30                                |       |
|                               | <b>Inversor</b>                             | 1                                 |       |
|                               | <b>Soportes</b>                             | 120                               |       |
|                               | <b>Cables</b>                               | 170 m                             |       |
|                               | <b>Medidor bidireccional</b>                | 1                                 |       |
|                               | <b>Protección paneles</b>                   | 30                                |       |
|                               | <b>Protección instalación</b>               | 1                                 |       |
|                               | <b>Protección sobretensión</b>              | 1                                 |       |
|                               | <b>Sistema monitoreo</b>                    | 1                                 |       |
|                               | <b>Interfaz desconexión</b>                 | 1                                 |       |
|                               | <b>Servicios ajenos y subcontrataciones</b> | <b>Empresa de instalación</b>     | 100 h |
|                               |   | <b>Servicios de mantenimiento</b> | 1     |
| <b>Servicio de ingeniería</b> |   | 1                                 |       |

*Tabla 7 Recursos necesarios. Elaboración propia.*

### 5.2. Precios unitarios. *Costes unitarios en euros de los recursos a emplear.*

El precio unitario se consigue analizando el catálogo de cada uno de los elementos seleccionados. En aquellos servicios que no disponen de un precio fijo ya que son

variables con el tiempo como las empresas subcontratadas, se dará un valor de estimación conforme a su valor en el mercado.

| <b>Tipo de servicio</b>                     | <b>Servicio</b>                   | <b>Precio unitario €</b> |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Componentes</b>                          | <b>Paneles solares</b>            | 195                      |
|   | <b>Inversor</b>                   | 3000                     |
|   | <b>Soportes</b>                   | 11                       |
|   | <b>Medidor bidireccional</b>      | 500                      |
|   | <b>Cables</b>                     | 0,74€/m                  |
|   | <b>Protección panel</b>           | 7,25                     |
|   | <b>Protección instalación</b>     | 70                       |
|   | <b>Protección sobretensión</b>    | 100                      |
|   | <b>Sistema monitoreo</b>          | 500                      |
|   | <b>Interfaz desconexión</b>       | 250                      |
|   |                                   |                          |
| <b>Servicios ajenos y subcontrataciones</b> | <b>Empresa de instalación</b>     | 30€/h                    |
|   | <b>Servicios de mantenimiento</b> | 300/año                  |
|   | <b>Servicio de ingeniería</b>     | 15000                    |

*Tabla 8 Precio unitario. Elaboración propia.*

### 5.3. Sumas parciales.

Para la suma de parciales dividiremos el gasto entre los componentes y los servicios ajenos. Los valores salen de sumar el coste total de todos los servicios empleados. Es decir, teniendo en cuenta el precio unitario y su cantidad empleada. Cabe destacar que el servicio de mantenimiento no se incluye en el coste inicial de la instalación. Es un coste para añadir todos los años a la factura existente de energía.

| <b>Suma parcial</b>                         | <b>Precio (€)</b> |
|---|-------------------|
| <b>Componentes</b>                          | 11933,3           |
| <b>Servicios ajenos y subcontrataciones</b> | 21000             |
| <b>Total</b>                                | 36226,63          |

*Tabla 9 Sumas parciales. Elaboración propia.*

#### 5.4. Presupuesto general.

Se hace el desglose completo de la instalación. En él se incluyen los datos de cada uno de los servicios, su cantidad, su precio unitario y el coste total.

En este presupuesto general, se incluirán unos porcentajes de imprevistos para tener un margen de fallo.

| <b>Tipo de servicio</b>                     | <b>Servicio</b>                   | <b>Cantidad</b> | <b>Precio unitario<br/>€</b> | <b>Coste total</b> |
|---|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| <b>Componentes</b>                          | <b>Paneles solares</b>            | 30              | 195                          | 5850               |
|   | <b>Inversor</b>                   | 1               | 3000                         | 3000               |
|   | <b>Soportes</b>                   | 120             | 11                           | 1320               |
|   | <b>Medidor bidireccional</b>      | 1               | 500                          | 500                |
|   | <b>Cables</b>                     | 170             | 0,74€/m                      | 125,8              |
|   | <b>Protección panel</b>           | 30              | 7,25                         | 217,5              |
|   | <b>Protección instalación</b>     | 1               | 70                           | 70                 |
|   | <b>Protección sobretensión</b>    | 1               | 100                          | 100                |
|   | <b>Sistema monitoreo</b>          | 1               | 500                          | 500                |
|   | <b>Interfaz desconexión</b>       | 1               | 250                          | 250                |
| <b>Suma parcial 1</b>                       |                                   |                 |                              | 11933,3            |
| <b>Servicios ajenos y subcontrataciones</b> | <b>Empresa de instalación</b>     | 200h            | 30€/h                        | 6000               |
|   | <b>Servicios de mantenimiento</b> | 1               | 300/año                      |                    |
|   | <b>Servicio de ingeniería</b>     | 1               | 15000                        | 15000              |
| <b>Suma parcial 2</b>                       |                                   |                 |                              | 21000              |
|   |                                   |                 |                              |                    |
| <b>Total (sin revisión de imprevistos)</b>  |                                   |                 |                              | 32933,3            |
| <b>Imprevistos (10%)</b>                    |                                   |                 |                              | 3293,33            |
| <b>Total</b>                                |                                   |                 |                              | <b>36226,63</b>    |

*Tabla 10 Presupuesto general de la instalación. Elaboración propia.*

#### 5.5. Rentabilidad

La rentabilidad de los sistemas de energía fotovoltaica es un aspecto crucial que determina su viabilidad y atractivo tanto para inversores como para propietarios de viviendas.

Evaluar la rentabilidad implica analizar no solo los costos iniciales de instalación, sino también los ahorros a largo plazo en las facturas de electricidad.

Para ello, se saca el precio total del consumo de anteriores capítulos. Este precio al año sale 17.961,94€ al año. Por lo tanto, y junto con el conocimiento del consumo anual de 47.793,72 kWh, se obtiene el precio actual al que se está pagando la energía. Con esos datos se obtiene un precio del kWh de 0,3758€ por cada kWh. Este dato, obtenido a partir de los últimos 12 meses de consumo para acercarse a la actualidad, se puede obtener la rentabilidad del proyecto.

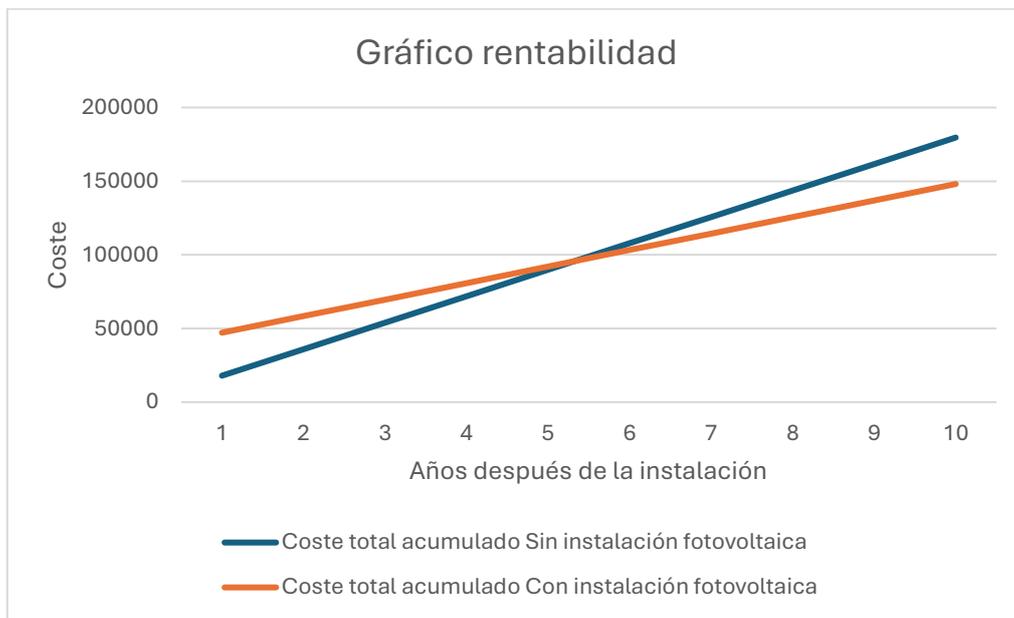
En este caso, la factura se reduce todos los años hasta los 10.916,31€ al año debido a la generación aportada por los treinta paneles solares. Es decir, una reducción del 39,22% del gasto anual en energía. El valor de la nueva factura se obtiene del cálculo diferencial entre el consumo y la generación empírica de la instalación, todo ello multiplicado por el precio de la energía.

Cabe destacar que se utiliza de nuevo únicamente el contrato uno debido a que la instalación está en uno de los inmuebles. Se muestra en la tabla el desarrollo de los diez años siguientes estimando el mismo precio de la energía cada año, aunque no sea realista.

| <b>Coste total acumulado (</b> |                                     |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Año</b>                     | <b>Sin instalación fotovoltaica</b> | <b>Con instalación fotovoltaica</b> |
| <b>1</b>                       | 17961,94                            | 47142,94356                         |
| <b>2</b>                       | 35923,88                            | 58359,25712                         |
| <b>3</b>                       | 53885,82                            | 69575,57068                         |
| <b>4</b>                       | 71847,76                            | 80791,88424                         |
| <b>5</b>                       | 89809,7                             | 92008,1978                          |
| <b>6</b>                       | 107771,64                           | 103224,5114                         |
| <b>7</b>                       | 125733,58                           | 114440,8249                         |
| <b>8</b>                       | 143695,52                           | 125657,1385                         |
| <b>9</b>                       | 161657,46                           | 136873,452                          |
| <b>10</b>                      | 179619,4                            | 148089,7656                         |

*Tabla 11 Rentabilidad de la instalación fotovoltaica. Elaboración propia.*

Para el cálculo con instalación fotovoltaica se añade el coste de mantenimiento a partir del segundo año. Se realiza un estudio de la rentabilidad a 10 años, para observar en qué momento se rentabilizaría el proyecto. Se observa que la instalación propuesta se rentabilizaría entre el año cinco y seis después de su implementación. Se adjunta una gráfica a continuación que plasma la información de la tabla para su mejor visualización.



14 Gráfico rentabilidad. Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica, la rentabilidad de la instalación se encuentra en el punto de corte entre ambas gráficas. Ese punto se encuentra entre los cinco y los seis años desde la instalación del proyecto.

Las rectas son lineales debido a la aproximación de cálculo de los costes. Es decir, son ficticias debido a que no es posible calcular el coste exacto de los próximos años con la factura de la energía y el contrato actual.



## **6. Conclusiones.**

### **6.1. Conclusiones sobre la metodología.**

Conclusión 1: El análisis preliminar que incluyó la evaluación de la ubicación, las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos ha demostrado ser fundamental en la selección de la energía. Esta fase permitió identificar los parámetros clave para el diseño del sistema, asegurando una implementación efectiva y eficiente. La recopilación y análisis de datos meteorológicos específicos de la región garantizaron que el diseño del sistema estuviera optimizado para las condiciones locales y los criterios de la universidad.

Conclusión 2: La cuidadosa selección de los componentes del sistema fotovoltaico, como los paneles solares, inversores y estructuras de montaje, influyó significativamente en el rendimiento y la fiabilidad del sistema. La comparación de diferentes marcas y modelos, considerando factores como eficiencia, durabilidad y coste, resultó en una configuración óptima que maximiza la producción de energía y minimiza los costes de mantenimiento.

La metodología aplicada en el dimensionamiento del sistema, incluyendo los cálculos de la capacidad de generación y la demanda energética, fue exhaustiva y precisa. La utilización de software de simulación y herramientas de cálculo permitió prever con exactitud la producción energética y ajustar el diseño para satisfacer las necesidades energéticas específicas del proyecto.

Conclusión 3: La metodología adoptada para la implementación de energía fotovoltaica en este TFG ha demostrado ser integral y efectiva. Cada fase del proyecto, desde la planificación hasta la amortización, se ha llevado a cabo con un enfoque meticuloso y bien estructurado. Esto no solo garantizó la viabilidad técnica y económica del proyecto, sino que también contribuyó a su éxito general, ofreciendo una guía práctica y replicable para futuros proyectos en el ámbito de la energía renovable.

Estas conclusiones destacan la importancia de una metodología bien definida y aplicada rigurosamente en proyectos de energía fotovoltaica, subrayando que el éxito del proyecto depende en gran medida de la calidad y precisión de cada etapa metodológica.

### **6.2. Conclusiones sobre los resultados.**

Conclusión 1: La metodología detallada y estructurada del proyecto permitió escoger la tecnología que mejor se ajustaba a las necesidades del sistema. Se desestimaron

tecnologías con gran potencial como la eólica, la térmica o la domótica por diversos factores. Desde incapacidad física para aplicación de la tecnología doméstica a incapacidad para desarrollar un proyecto completo en una extensión adecuada del proyecto dirigieron el foco del proyecto a la energía solar fotovoltaica.

Conclusión 2: El análisis económico, que incluyó la evaluación de la inversión inicial, costes operativos y de mantenimiento, así como los beneficios a largo plazo, fue esencial para determinar la viabilidad del proyecto.

Los resultados del proyecto muestran el potencial de la energía fotovoltaica. La implementación de la instalación se ha demostrado como una inversión altamente rentable, logrando la recuperación del capital invertido en un periodo de entre cinco y seis años. Posteriormente a su amortización, la instalación es capaz de reducir el importe de la factura de energía un 39,22% respecto al contrato actual reduciendo en 7.000 euros todos los años el gasto.

La inclusión de factores como subvenciones, incentivos fiscales y posibles ingresos por la venta de excedentes de energía proporcionó una visión clara de la rentabilidad del sistema a lo largo de su vida útil. Este campo se aleja del objeto de proyecto, pero es altamente recomendable su aplicación.

### 6.3.Recomendaciones para futuros estudios.

Conclusión 1: En un primer acercamiento a la implementación de tecnología, altamente recomendable revisar las condiciones de la red desde el inicio para optimizar la instalación. Esto facilitaría el dimensionamiento de todos los componentes, teniendo clara su distribución final y el cableado disponible y necesario. En futuros estudios se debería analizar con profundidad las conexiones existentes en la cubierta para poder implementar mejoras en cuanto a eficiencia energética.

Conclusión 2: Este proyecto es extensible en tecnología solar fotovoltaica. Se podría estudiar la implementación de paneles solares en el tejado del segundo inmueble haciendo un estudio extensivo de la sombra del árbol. Con ello maximizaría la aplicación de paneles en esa superficie.

De la misma forma, en futuros estudios cabe la posibilidad de habilitar parte del jardín orientado al sur para esta tecnología. Otra posibilidad sería la implementación de esta

tecnología en la pared norte con el vecino con su consecuente estudio de la sombra del inmueble uno sobre la misma. Es una pared alta y frondosa de plantas pero que sería estudiable si la sombra del edificio no llegase a influir en el rendimiento de esta.

Conclusión 3: Se puede estudiar en futuros proyectos la aplicación de distintas tecnologías. Los paneles solares térmicos o aquellos híbridos junto a la tecnología fotovoltaica tienen un gran potencial. El beneficio de esta tecnología es que ya se ha realizado el estudio de la cubierta por lo que tendrá más fácil aplicación.

Otra tecnología que se podría seguir desarrollando es la domótica y automatización. En este caso, es un estudio más intrusivo en el ámbito del interior de la vivienda. Por lo tanto, está aún por explorar debido al inexistente estudio en este proyecto del interior.



## 7. **Bibliografía**

[ALME23] Almenara, H., "Eligenio", Recuperado el 07 de 04 de 2024, de <https://eligenio.com/es/blog/monitoreo-consumo-electrico>, 15 de 12 de 2023.

[ASTR-s.f.] AstroLogy, "Altura solar: fórmula, cálculo y navegación marítima", Obtenido de <https://astro-logy.es/sistema-solar/como-se-calcula-la-altura-solar>

[BRUN87] Bruntland, "Our Common Future", ONU, Sostenibilidad. Oxford University Press. Recuperado en Enero de 2024.

[CALC24] Calculadora de consumo de energía, "Calculadora de consumo de energía", Obtenido de <https://www.rapidtables.org/calc/electric/energy-consumption-calculator.html>

[CAM-s.f.] CAM, "Boletín Oficial del Estado", Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/02/pdfs/A08542-08546.pdf>

[CELD21] Celdares, "Inversores solares", Obtenido de <https://celdares.mx/inversores-solares-que-son-y-como-elegir-el-mas-adeecuado>, 08 de 09 de 2021.

[ECOI24] Ecoinventos, "Monitoreo sistemas fotovoltaicos", Obtenido de <https://ecoinventos.com/monitoreo-sistemas-fotovoltaicos>, 05 de 07 de 2024.

[E-FI22] E-ficiencia, "Iluminación LED: Ventajas que aporta la tecnología", Recuperado el 07 de 04 de 2024, de <https://e-ficiencia.com/iluminacion-led-ventajas-que-aporta-tecnologia>, 27 de 04 de 2022.

[ENDE21] Endesa, "Energía solar: qué es, cómo funciona y sus ventajas", Obtenido de <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-solar>, 11 de 11 de 2021.

[EUCO22] European Comission, "Photovoltaic Geographical Information System", Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html), 01 de 03 de 2022.

[FACT23] Factorenergia, "factorenergia", Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/diferencias-entre-horas-solares-pico-vs-horas-de-sol/#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%201%20hora%20de%20sol%20pico,punto%20recibe%20luz%20solar%20durante%20un%20d%C3%ADa%20determinado>, 16 de 03 de 2023.

[FERN23] Fernández, J. G., "Wifimotril", Recuperado el 16 de 04 de 2024, de <https://wifimotril.es/otros/energia-geotermica-en-casa/>, 18 de 12 de 2023.

[FIRM24] Firmas, X. G., "Cómo elaborar los pliegos de condiciones para tu proyecto", Obtenido de <https://www.obsbusiness.school/blog/como-elaborar-los-pliegos-de-condiciones-para-tu-proyecto>, 19 de 03 de 2024.

[GOBE88] Gobierno España, "Acciones en la edificación", Obtenido de [https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas\\_Edificacion/NBE-AE-88.pdf](https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-AE-88.pdf), 25 de 07 de 1988.

[GOBE05] Gobierno España, "Eurocódigo 1: Acciones en estructuras", Obtenido de Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de Viento: [https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/carreteras/normativa/AN\\_UNE-EN\\_1991-1-4.pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/carreteras/normativa/AN_UNE-EN_1991-1-4.pdf), 2005.

[GONZ24] González, A. S., "sotysolar", Obtenido de <https://sotysolar.es/blog/comparativa-instalacion-fotovoltaica-aislada-vs-conectada>, 02 de 05 de 2024.

[GUILL23] Guillén, R., "comparaiso", Obtenido de <https://comparaiso.es/domotica>, 14 de 12 de 2023.

[HERN23] Hernández, E., "Solar Fotovoltaico: la ciencia de la energía limpia", Obtenido de <https://solar-fotovoltaico.com/ambiente-economia/impactos/cuanto-contaminan-paneles-solares/>, 03 de 03 de 2023.

[IBER-s.f.-1] Iberdrola, "Portal Cliente", Obtenido de <https://www.iberdrola.es/>

[IBER-s.f.-2] Iberdrola, "Sostenibilidad - energía eólica", Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>

[IGOY-s.f.] Igoye, "Comprender el interruptor de aislamiento solar", Obtenido de <https://igoyenergy.com/es/comprender-el-interruptor-seccionador-solar/#:~:text=El%20interruptor%20seccionador%20para%20paneles%20solares%20sirve%20para,el%20inversor%20para%20poder%20desconectarlo%20en%20caso%20necesario.>

[KRAN21] Krannich, "Protecciones eléctricas en instalaciones fotovoltaicas de ámbito residencial e instalaciones aisladas", Obtenido de <https://krannich-solar.com/es->

[es/blog/protecciones-electricas-en-instalaciones-fotovoltaicas-de-ambito-residencial-e-instalaciones-aisladas/](#), 17 de 11 de 2021.

[LORE24] Lorenzo, J. A., "SunFields Europe", Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/pvgis-guia-rapida-y-ejemplo-calculo-espanol/>, 02 de 07 de 2024.

[LORE-s.f.] Lorenzo, J. A., "SunFields Europe", Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/instalacion-fotovoltaica-conectada-a-red/>

[MBGS24] MBGS, "¿Qué es la altura solar y para qué sirve?", Obtenido de [https://www.mbgs.es/que-es-la-altura-solar-y-para-que-sirve/#google\\_vignette](https://www.mbgs.es/que-es-la-altura-solar-y-para-que-sirve/#google_vignette), 2024.

[NATI-s.f.] National Geographic, "¿Qué es la energía geotérmica?", Recuperado el 16 de 04 de 2024, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-energia-geotermica>

[ORTI22] Ortiz, Ó., "Energía eólica para casa: generación y kits", Obtenido de <https://eligenio.com/es/blog/energia-eolica-para-casa-generacion-y-kits/>, 28 de 04 de 2022.

[PLAN23-1] Planas, O., "¿Qué es la energía térmica?", Obtenido de <https://energia-nuclear.net/energia/energia-termica>, 05 de 10 de 2023.

[PLAN23-2] Planas, O., "Energía solar", Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos>, 31 de 08 de 2023.

[PRES24] Presdinsel, "Predinsel", Obtenido de <https://predinsel.com/autoconsumo/estructuras-solares/#:~:text=Tienen%20dos%20funciones%20principales%3A%201%20Soporte%20f%3C%ADsico%3A%20Las,solares%20hacia%20el%20sol%20de%20manera%20%20C3%B3ptima.%20>, 2024.

[PRYS21] Prysmian Club, "Cálculos de secciones e intensidades", Obtenido de <https://www.prysmianclub.es/14-reglamento-de-lineas-de-at-rd-223-08-calculo-de-seccion-por-intensidad-admisible-ejemplo-de-aplicacion-de-coeficientes-de-correccion/>, 23 de 06 de 2021.

[PVE-s.f.] PVEducation, "Ángulo de declinación", Obtenido de <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/angulo-de-declinaci%C3%B3n>

[REE23-1] Red Eléctrica Española, "Informe del Sistema Eléctrico", Recuperado el Abril de 2024, 2023.

[REE-s.f.] Red Eléctrica España, "Generación, solar fotovoltaica", Obtenido de <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/sol/generacion/solar-fotovoltaica-solgeneracion>

[REDA-s.f.] Redacción Futuro Eléctrico, "Energía solar térmica", Recuperado el 16 de 04 de 2024, de <https://futuroelectrico.com/energia-solar-termica/>

[SOLA23] SolarPlak, "SolarPlak", Obtenido de <https://solarplak.es/energia/cual-es-el-impacto-ambiental-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>, 2023.

[SOTY22] SotySolar, "Placas solares en serie o paralelo", Obtenido de <https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo>, 19 de 12 de 2022.

[SOTY24] Sotysolar, "Precio placas solares 2024", Obtenido de <https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/precio>, 06 de 05 de 2024.

[TECH23] Techmoviles, "Mejor kit energía eólica para casa", Obtenido de <https://www.techmoviles.com/mejor-kit-de-energia-eolica-para-casa-actualizado/>, 24 de 07 de 2023.

[TESU24] TESUP, "The book by TESUP", Obtenido de <https://tesup.com/es/productos/tesup-aerogeneradores-verticales-para-viviendas>, 2024.

[EURO03] The European Union, "Eurocode 1 - Actions on structures", Obtenido de Part 1-3: General actions -: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.1.3.2003.pdf>, 2003.

[TRAI24] Trainek, "¿Cuánto cobra un instalador de placas solares?", Obtenido de [Página | 80](https://trainek.com/cuanto-cobra-un-instalador-de-placas-solares/#:~:text=El%20sueldo%20con%20un%20horario%20a%20tiempo%20completo,de%20placas%20supondr%C3%A1%20un%20aumento%20elevado%20del%20salario., 2024.</a></p></div><div data-bbox=)

[VILL24] Villasur, S., "Roams energía", Recuperado el 02 de Abril de 2024, de <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-eolica/domestica/>, 27 de 02 de 2024.

[WEAT-s.f.] WeatherSpark, "Clima promedio Torrelodones", Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/36994/Clima-promedio-en-Torrelodones-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>



## **8. Anexos**

### **8.1. Anexo I: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).**

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en 2015, establece un plan de acción con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) destinados a erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. En este contexto, la transición hacia fuentes de energía renovable y sostenibles juega un papel crucial para alcanzar estos objetivos. La energía fotovoltaica, que convierte la luz solar en electricidad, es una de las tecnologías más prometedoras y accesibles para avanzar en esta dirección.

El ODS 7, "Energía asequible y no contaminante", destaca la necesidad de garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. La energía fotovoltaica, al aprovechar una fuente inagotable y gratuita como el sol, reduce la dependencia de combustibles fósiles, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve la generación de energía limpia. Además, contribuye a la diversificación de la matriz energética, aumentando la resiliencia y la seguridad energética de las comunidades.

Asimismo, la energía fotovoltaica impacta positivamente en otros ODS. Por ejemplo, al proporcionar una solución energética sostenible, apoya el ODS 13, "Acción por el clima", al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y mitigar el cambio climático. La instalación de paneles solares en áreas urbanas y rurales también puede mejorar la infraestructura y la calidad de vida, promoviendo el ODS 11, "Ciudades y comunidades sostenibles".

Además, la creciente industria de la energía fotovoltaica genera empleo y fomenta la innovación tecnológica, contribuyendo al ODS 8, "Trabajo decente y crecimiento económico". La educación y formación necesarias para la instalación y mantenimiento de sistemas solares fomentan el ODS 4, "Educación de calidad", al ofrecer nuevas oportunidades de aprendizaje y desarrollo profesional.

En resumen, la energía fotovoltaica no solo ofrece una solución técnica para la generación de energía limpia, sino que también actúa como un catalizador para el desarrollo sostenible en múltiples dimensiones. Su implementación es esencial para alcanzar los objetivos globales de sostenibilidad y bienestar para las generaciones presentes y futuras.

## 8.2. Anexo II: Programas utilizados

En el siguiente anexo se detallan todos los programas y herramientas utilizadas en la realización del proyecto.

- Paint: Es una herramienta de edición gráfica incluida en los sistemas operativos Windows. Se ha utilizado para remarcar la ubicación de la casa en un plano cenital en vista real.
- Microsoft Excel: Es una hoja de cálculo poderosa que permite la organización, análisis y visualización de los datos. Se ha empleado para la creación de tablas y gráficos relevantes.
- Google Maps: Se trata de una aplicación de mapas en línea que proporciona información detallada sobre ubicaciones geográficas. Utilizado para determinar la ubicación geográfica de la vivienda.
- Software PVGIS: Se trata de un software para el cálculo de fotovoltaica. Utilizado para el cálculo fotovoltaico de la instalación.
- Solid Edge 2023: Herramienta de diseño asistido por computadora. Se utiliza para la realización de planos, en este caso para los empleados en el apartado 3.6.
- Software Renewable Energy & Technology: Utilizado para simulaciones y análisis de energía renovable.
- Software Dlubal: Empleado para determinar las zonas de carga de nieve en España.
- iOS App: Goodnote. Aplicación para dispositivos electrónicos portátiles. Utilizada para la realización de esquemas.
- Chat GPT: Usado para la búsqueda de normativa y reglamentos. Verificación de incongruencias.



# Atlas

## SYSTEM COMPONENTS



TESUP Electronics Ltd. All rights reserved. ©2024 | [tesup.com](http://tesup.com)

## DIFFERENT ATLAS BLADE SETS

### INCLUDED IN THE BOX

**High Wind Speed Blades** Optimum Performance Between 7 - 35 m/s



### INCLUDED IN THE BOX

**Moderate Wind Speed Blades** Optimum Performance Between 4 - 25 m/s



### OPTIONAL

**Low Wind Speed Blades** Optimum Performance Between 3 - 20 m/s



## PARAMETER & DIMENSIONAL DETAILS

| GENERATOR             |   |
|-----------------------|---|
| Material              | Silisium sheetmetal   |
| Type                  | Permanent magnet generator  |
| Weight                | 20 kg (44 lbs)  |
| Max. Power            | 9 kW  |
| Max. RPM              | 2000  |
| Output voltage        | Voltage can be adjusted by the built-in Charge Controller   |
| Direction of Rotation | Both clockwise and counterclockwise   |
| Charge Controller     | Built-in, digital and manual voltage adjustment   |
| Test Standards        | EN 61000-6-1 (electromagnetic compatibility - immunity)<br>EN 61000-6-3 (electromagnetic compatibility - emissions) |

| HIGH WIND SPEED BLADES  |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Material                | Aluminium          |
| No. of Blades           | 6                  |
| Diameter                | 460 mm (1.50 Feet) |
| Weight Per Rotor Blades | 100 g (0.22 lbs)   |
| Direction Of Rotation   | Clockwise          |
| Operational Wind Speed  | 7 to 35 m/s        |
| Noise                   | 40 dB              |

| MODERATE WIND SPEED BLADES |                    |
|----------------------------|--------------------|
| Material                   | Aluminium          |
| No. of Blades              | 2                  |
| Diameter                   | 400 mm (1.31 Feet) |
| Weight Per Rotor Blades    | 850 g (1.87 lbs)   |
| Direction Of Rotation      | Clockwise          |
| Operational Wind Speed     | 4 to 25 m/s        |
| Noise                      | 35 dB              |

| LOW WIND SPEED BLADES   |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Material                | Aluminium           |
| No. of Blades           | 3                   |
| Diameter                | 1200 mm (3.93 Feet) |
| Weight Per Rotor Blades | 750 g (1.65 lbs)    |
| Direction Of Rotation   | Clockwise           |
| Operational Wind Speed  | 3 to 20 m/s         |
| Noise                   | 35 dB               |

8.4. Anexo IV: Catálogo JA SOLAR paneles fotovoltaicos.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

**Superior Warranty**

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

**Comprehensive Certificates**

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems

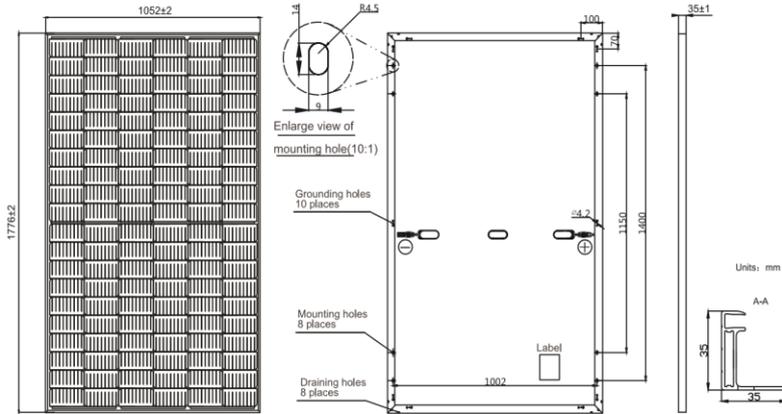


**JA SOLAR**

www.jasolar.com  
 Specifications subject to technical changes and tests.  
 JA Solar reserves the right of final interpretation.  
 Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd.



**MECHANICAL DIAGRAMS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

**SPECIFICATIONS**

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Cell                               | Mono   |
| Weight                             | 20.7kg±3%  |
| Dimensions                         | 1776±2mm×1052±2mm×35±1mm                                     |
| Cable Cross Section Size           | 4mm <sup>2</sup> (IEC)                                       |
| No. of cells                       | 120(6×20)  |
| Junction Box                       | IP68, 3 diodes   |
| Connector                          | Genuine MC4-EVO2<br>QC4.10-35/45                             |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait:300mm(+)/400mm(-);<br>Landscape:1000mm(+)/1000mm(-) |
| Country of Manufacturer            | China/Vietnam  |

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

| TYPE   | JAM60S20<br>-365/MR/1500V                                       | JAM60S20<br>-370/MR/1500V | JAM60S20<br>-375/MR/1500V | JAM60S20<br>-380/MR/1500V | JAM60S20<br>-385/MR/1500V | JAM60S20<br>-390/MR/1500V |
|--|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rated Maximum Power(Pmax) [W]                      | 365   | 370                       | 375                       | 380                       | 385                       | 390                       |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V]                      | 41.13   | 41.30                     | 41.45                     | 41.62                     | 41.78                     | 41.94                     |
| Maximum Power Voltage(Vmp) [V]                     | 33.96   | 34.23                     | 34.50                     | 34.77                     | 35.04                     | 35.33                     |
| Short Circuit Current(Isc) [A]                     | 11.30   | 11.35                     | 11.41                     | 11.47                     | 11.53                     | 11.58                     |
| Maximum Power Current(Imp) [A]                     | 10.75   | 10.81                     | 10.87                     | 10.93                     | 10.99                     | 11.04                     |
| Module Efficiency [%]                              | 19.5  | 19.8                      | 20.1                      | 20.3                      | 20.6                      | 20.9                      |
| Power Tolerance                                    | 0~+5W   |                           |                           |                           |                           |                           |
| Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )  | +0.044%/°C  |                           |                           |                           |                           |                           |
| Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )  | -0.272%/°C  |                           |                           |                           |                           |                           |
| Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> ) | -0.350%/°C  |                           |                           |                           |                           |                           |
| STC  | Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G |                           |                           |                           |                           |                           |

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types. Measurement tolerance at STC: Pmax ±3%, Voc ±2% and Isc ±4%.

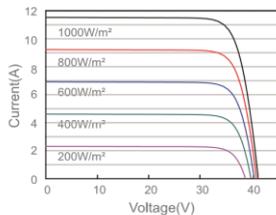
**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

| TYPE                           | JAM60S20-365<br>/MR/1500V   | JAM60S20-370<br>/MR/1500V | JAM60S20-375<br>/MR/1500V | JAM60S20-380<br>/MR/1500V | JAM60S20-385<br>/MR/1500V | JAM60S20-390<br>/MR/1500V |
|--------------------------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rated Max Power(Pmax) [W]      | 276   | 280                       | 284                       | 287                       | 291                       | 295                       |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V]  | 38.41   | 38.65                     | 38.89                     | 39.14                     | 39.38                     | 39.63                     |
| Max Power Voltage(Vmp) [V]     | 32.05   | 32.30                     | 32.55                     | 32.72                     | 32.96                     | 33.20                     |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 9.15  | 9.20                      | 9.25                      | 9.30                      | 9.35                      | 9.40                      |
| Max Power Current(Imp) [A]     | 8.61  | 8.66                      | 8.71                      | 8.78                      | 8.83                      | 8.88                      |
| NOCT                           | Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C,<br>wind speed 1m/s, AM1.5G |                           |                           |                           |                           |                           |

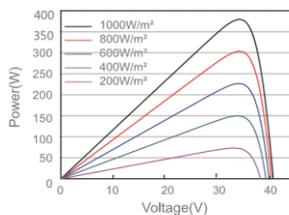
**OPERATING CONDITIONS**

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Maximum System Voltage    | 1500V DC(IEC) |
| Operating Temperature     | -40°C~+85°C   |
| Maximum Series Fuse       | 20A           |
| Maximum Static Load,Front | 3600Pa, 1.5   |
| Maximum Static Load,Back  | 1600Pa, 1.5   |
| NOCT                      | 45±2°C        |
| Safety Class              | Class II      |

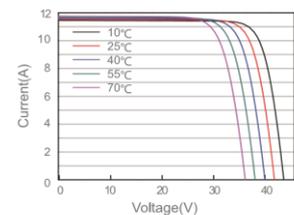
Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR/1500V



Power-Voltage Curve JAM60S20-380/MR/1500V



Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR/1500V



## 8.5. Anexo V: Catálogo Inversor SMA Sunny Tripower 15000 TL.

SUNNY TRIPOWER  
15000TL / 20000TL / 25000TL



STP 15000TL\_30 / STP 20000TL\_30 / STP 25000TL\_30

**Servicio inteligente con SMA Smart Connected**

**SMA ShadeFix**  
STRING LEVEL OPTIMIZATION

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <b>Rentable</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rendimiento máximo del 98,4 %</li><li>• Aumento del rendimiento sin trabajo de montaje gracias a la gestión de sombras integrada SMA ShadeFix</li></ul> | <b>Seguro</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)</li></ul> | <b>Flexible</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tensión de entrada de CC hasta 1000 V</li><li>• Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring</li><li>• Pantalla opcional</li></ul> | <b>Innovador</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control</li><li>• Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)</li></ul> |
|---|--|---|---|

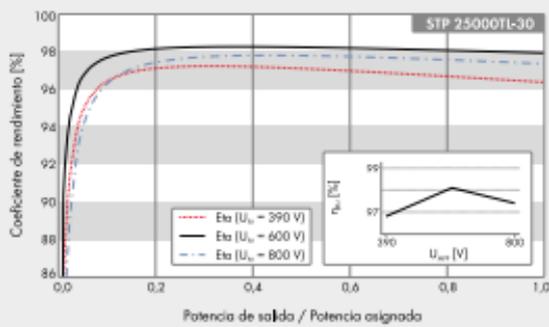
### SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

## Curva de rendimiento



## Accesorios



Interfaz RS485  
DM-485CB-10



Power Control Module  
PWC-MOD-10



Descargador de sobretensión  
de CC tipo II, entradas A y B  
DCSFD KIT3-10



Relé multifunción  
MFR01-10

● De serie ○ Opcional – No disponible  
Datos en condiciones nominales  
Actualizado: 02/2021

## Datos técnicos

### Entrada (CC)

|   |
|---|
| Potencia máx. del generador fotovoltaico                            |
| Potencia asignada de CC   |
| Tensión de entrada máx.   |
| Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada                    |
| Tensión de entrada mín./de inicio                                   |
| Corriente máx. de entrada, entradas A/B                             |
| Corriente de cortocircuito máx. por entrada A/B                     |
| Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP |

### Salida (CA)

|  |
|--|
| Potencia asignada [a 230 V, 50 Hz]                                 |
| Potencia máx. aparente de CA                                       |
| Tensión nominal de CA  |
| Rango de tensión de CA   |
| Frecuencia de red de CA/rango                                      |
| Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red                 |
| Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida              |
| Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable |
| THD  |
| Fases de inyección/conexión  |

### Rendimiento

Rendimiento máx./europeo

### Dispositivos de protección

|  |
|--|
| Punto de desconexión en el lado de entrada   |
| Monitorización de toma a tierra/de red   |
| Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II   |
| 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 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)                    |

### Datos generales

|  |
|--|
| Dimensiones [ancho/alto/fondo]                                     |
| Peso   |
| Rango de temperatura de servicio                                   |
| Emisión sonora, típica   |
| Autoconsumo nocturno   |
| Topología/principio de refrigeración                               |
| Tipo de protección (según IEC 60529)                               |
| Clase climática (según IEC 60721-3-4)                              |
| Valor máximo permitido para la humedad relativa [sin condensación] |

### Equipamiento / función / accesorios

|   |
|---|
| Conexión de CC/CA   |
| Pantalla  |
| Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect                                     |
| Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus                            |
| Relé multifunción/Power Control Module                                    |
| Gestión de sombras SMA ShadeFix/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7 |
| Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller                |
| Garantía: 5/10/15/20 años   |
| Certificados y autorizaciones (otros a petición)                          |

\* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438

### Modelo comercial

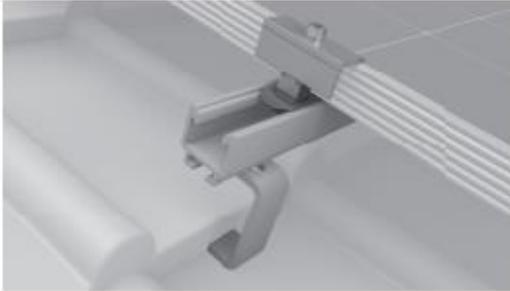
|  | Sunny Tripower<br>15000TL | Sunny Tripower<br>20000TL  | Sunny Tripower<br>25000TL    |  |
|--|---------------------------|--|------------------------------|--|
| Potencia máx. del generador fotovoltaico   | 27000 Wp                  | 36000 Wp   | 45000 Wp                     |  |
| Potencia asignada de CC  | 15330 W                   | 20440 W  | 25550 W                      |  |
| Tensión de entrada máx.  | 1000 V                    | 1000 V   | 1000 V                       |  |
| Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada   | 240 V a 800 V/600 V       | 320 V a 800 V/600 V  | 390 V a 800 V/600 V          |  |
| Tensión de entrada mín./de inicio  | 150 V/188 V               | 150 V/188 V  | 150 V/188 V                  |  |
| Corriente máx. de entrada, entradas A/B  | 33 A/33 A                 | 33 A/33 A  | 33 A/33 A                    |  |
| Corriente de cortocircuito máx. por entrada A/B  | 43 A/43 A                 | 43 A/43 A  | 43 A/43 A                    |  |
| Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP                                      | 2/A,3; B,3                | 2/A,3; B,3   | 2/A,3; B,3                   |  |
| Potencia asignada [a 230 V, 50 Hz]   | 15000 W                   | 20000 W  | 25000 W                      |  |
| Potencia máx. aparente de CA   | 15000 VA                  | 20000 VA   | 25000 VA                     |  |
| Tensión nominal de CA  |                           | 3 / N / PE; 220 V / 380 V<br>3 / N / PE; 230 V / 400 V<br>3 / N / PE; 240 V / 415 V  | 180 V a 280 V                |  |
| Rango de tensión de CA   |                           | 50 Hz/44 Hz a 55 Hz<br>60 Hz/54 Hz a 65 Hz   | 50 Hz/230 V                  |  |
| Frecuencia de red de CA/rango  |                           | 29 A/21,7 A  | 29 A/29 A                    |  |
| Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red   |                           |  | 36,2 A/36,2 A                |  |
| Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida  |                           |  | 1/0 inductivo a 0 capacitivo |  |
| Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable                                       |                           |  | ≤ 3%                         |  |
| THD  |                           |  | 3/3                          |  |
| Fases de inyección/conexión  |                           |  |                              |  |
| Rendimiento máx./europeo   | 98,4%/98,0%               | 98,4%/98,0%  | 98,3%/98,1%                  |  |
| Punto de desconexión en el lado de entrada   |                           | ●  |                              |  |
| Monitorización de toma a tierra/de red   |                           | ● / ●  |                              |  |
| Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II   |                           | ○  |                              |  |
| 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 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)                    |                           | 1 / AC: III; DC: II  |                              |  |
| Dimensiones [ancho/alto/fondo]   |                           | 661/682/264 mm [26,0/26,9/10,4 in]   |                              |  |
| Peso   |                           | 61 kg [134,48 lb]  |                              |  |
| Rango de temperatura de servicio   |                           | -25 °C a +60 °C [-13 °F a +140 °F]   |                              |  |
| Emisión sonora, típica   |                           | 51 dB(A)   |                              |  |
| Autoconsumo nocturno   |                           | 1 W  |                              |  |
| Topología/principio de refrigeración   |                           | Sin transformador/OptiCool   |                              |  |
| 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%   |                              |  |
| Conexión de CC/CA  |                           | SUNCLIX/Borne de conexión por resorte  |                              |  |
| Pantalla   |                           | ○  |                              |  |
| Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect  |                           | ○ / ●  |                              |  |
| Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus   |                           | ● / ●  |                              |  |
| Relé multifunción/Power Control Module   |                           | ○ / ○  |                              |  |
| Gestión de sombras SMA ShadeFix/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7                                |                           | ● / ● / ●  |                              |  |
| Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller   |                           | ● / ●  |                              |  |
| Garantía: 5/10/15/20 años  |                           | ● / ○ / ○ / ○  |                              |  |
| Certificados y autorizaciones (otros a petición)   |                           | ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11-2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, FEA 2013, IPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, RKG compliant, Si4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VDE 2014 |                              |  |
| Modelo comercial   | STP 15000TL-30            | STP 20000TL-30   | STP 25000TL-30               |  |

## 8.6. Anexo VI: Soportes de montaje de paneles solares K2 SYSTEM.



### K2 SolidRail System

Extensive range of rails suitable for various load cases and many spans. Can be easily and quickly installed on brick, corrugated sheet metal and sheet metal folds.



#### Roof tiles and slate

- Roof hooks for the majority of clay tiles, pantiles and concrete roof tiles
- Stainless steel roof hooks for tiles with low machining possibilities
- Flexibility is ensured by the adjustable connection in order to be able to install even with narrow rafters or different heights



#### Corrugated fibre cement and corrugated sheet metal

- For all corrugated fibre cement and corrugated sheet metal roofing with timber or steel substructure
- Secure sealing at the roofing
- abZ (general technical approval) in Germany



#### Trapezoidal sheet metal

- Mounting with solar fasteners on trapezoidal sheet metal and sandwich element roofing.
- Fastening in the steel or wooden substructure
- abZ (general building approval) in Germany.



#### Standing seam

- Many application possibilities: Double standing seam, angled seam, snap seam and round seam
- Penetration-free assembly



Further information,  
all technical data and  
components

## 8.7. Anexo VII: Medidor bidireccional de SCHNEIDER ELECTRIC.

# Acti 9 iEM3000 Series Technical Datasheet

The Acti 9 iEM3000 series energy meters is a cost-attractive, feature-rich energy metering offer for DIN rail, modular enclosures. With Modbus, BACnet, M-Bus and LonWorks protocol support, you can easily integrate these meters into commercial and non-critical buildings to add simple energy management applications to any BMS, AMR or EMS system.

### Applications

#### Cost management applications

- Bill checking to verify that you are only charged for the energy you use.
- Sub-billing individual tenants for their energy consumption, including WAGES.
- Aggregation of energy consumption, including WAGES, and allocating costs per area, per usage, per shift, or per time within the same facility.

#### Network management applications

- Basic metering of electrical parameters to better understand the behaviour of your electrical distribution system.



# Acti 9 iEM3000 Series

## Feature selection

| Current Input/ Wh Accuracy   | iEM3000 series Energy meters        |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
|--|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 63 A Direct/ Class 1   | iEM3100                             | iEM3115                | iEM3110                             | iEM3135                             | iEM3150                             | iEM3155   | iEM3165   | iEM3175                             |
| 1 A or 5 A CT/ Class 0.5S <sup>(1)</sup>                                     | iEM3200                             | iEM3215                | iEM3210                             | iEM3235                             | iEM3250                             | iEM3255   | iEM3265   | iEM3275                             |
| 125 A Direct/ Class 1  | iEM3300                             |                        | iEM3310                             | iEM3335                             | iEM3350                             | iEM3355   | iEM3365   | iEM3375                             |
| 1/3rd or 1 V LVCT/ Class 0.5S  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     | iEM3455   | iEM3465   |                                     |
| Rogowski coil/ Class 0.5S  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     | iEM3555   | iEM3565   |                                     |
| <b>Communication Protocol</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Modbus   |                                     |                        |                                     |                                     | ■                                   | ■   |   |                                     |
| M-Bus  |                                     |                        |                                     | ■                                   |                                     |   |   |                                     |
| BACnet   |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   | ■   |                                     |
| LonWorks   |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   | ■                                   |
| <b>Measurement (Integrated)</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Active energy - Total and Partial energy                                     | ■                                   | ■                      | ■                                   | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| 4 Quadrant Active, Reactive energy and Apparent energy                       |                                     |                        |                                     | ■                                   |                                     | ■   | ■   | ■                                   |
| MID compliant (Wh) <sup>(1)</sup>  |                                     | ■                      | ■                                   | ■                                   |                                     | ■   | ■   | ■                                   |
| MID compliant (VARh) <sup>(2)</sup>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Demand (per-ph & average current, total power for P Q S) <sup>(3)</sup>      |                                     |                        |                                     |                                     |                                     | ■   | ■   |                                     |
| Peak Demand (per-ph & average current, total power for P Q S) <sup>(3)</sup> |                                     |                        |                                     |                                     |                                     | ■   | ■   |                                     |
| <b>Measurement (Instantaneous)</b>   |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Voltage  |                                     |                        |                                     | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| Current  |                                     |                        |                                     | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| Power - P Q S  |                                     |                        |                                     | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| Power factor   |                                     |                        |                                     | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| Frequency  |                                     |                        |                                     | ■                                   | ■                                   | ■   | ■   | ■                                   |
| <b>Multi-Tariff, control by</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Internal clock   |                                     | 4                      |                                     | 4                                   |                                     | 4   | 4   | 4                                   |
| Digital Inputs   |                                     | 4                      |                                     | 2                                   |                                     | 2   | 2   | 2                                   |
| Communication  |                                     | -                      |                                     | 4                                   |                                     | 4   | 4   | 4                                   |
| <b>Digital inputs</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| For Status, Tariff control or Input monitoring                               |                                     |                        |                                     | 1                                   |                                     | 1   | 1   | 1                                   |
| Tariff control only  |                                     | 2                      |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| <b>Digital outputs</b>   |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Energy pulsing or Overload alarm   |                                     |                        |                                     | 1                                   |                                     | 1   | 1   |                                     |
| Pulse output only  |                                     |                        | 1                                   |                                     |                                     |   |   |                                     |
| <b>Internal clock</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Quartz crystal based   |                                     | ■                      |                                     | ■                                   |                                     | ■   | ■   | ■                                   |
| Date/time format (DD-MMM-YYYY/hh:mm)   |                                     | ■                      |                                     | ■                                   |                                     | ■   | ■   | ■                                   |
| <b>Commercial reference</b>  |                                     |                        |                                     |                                     |                                     |   |   |                                     |
| Commercial References/ordering references                                    | AGMEM3100<br>AGMEM3200<br>AGMEM3300 | AGMEM3115<br>AGMEM3215 | AGMEM3110<br>AGMEM3210<br>AGMEM3310 | AGMEM3135<br>AGMEM3235<br>AGMEM3335 | AGMEM3150<br>AGMEM3250<br>AGMEM3350 | AGMEM3155<br>AGMEM3255<br>AGMEM3355<br>AGMEM3455<br>AGMEM3555 | AGMEM3165<br>AGMEM3265<br>AGMEM3365<br>AGMEM3465<br>AGMEM3565 | AGMEM3175<br>AGMEM3275<br>AGMEM3375 |

<sup>(1)</sup> MID certification available for x/5 A and x/1 A.

<sup>(2)</sup> MID certification not applicable for iEM34xx and iEM35xx series.

<sup>(3)</sup> Demand parameters available in iEM34xx and iEM35xx series only.

See your Schneider Electric representative for complete ordering information.

## 8.8. Anexo VIII: Sistema de monitoreo SMA.



### SUNNY PORTAL



#### Fácil de usar

- Gestión centralizada de todos los datos de clientes e instalaciones
- Evaluación de fácil comprensión

- Acceso desde cualquier lugar del mundo a través de Internet, con el PC y el teléfono móvil

#### Individualizado

- Configuración personalizable de páginas y diagramas
- Envío de informes de rendimiento y de eventos por correo electrónico

#### Informativo

- Comparación totalmente automática de los rendimientos de los equipos de una instalación
- Integración profesional en el propio sitio de Internet

## SUNNY PORTAL

Monitorización, gestión y presentación profesionales de instalaciones fotovoltaicas

Tanto en pequeñas instalaciones domésticas como en grandes parques de energía solar, la gestión y monitorización centralizadas de varias instalaciones fotovoltaicas permiten ahorrar tiempo y dinero. Los operadores de instalaciones y los instaladores, y también el personal de servicio de SMA, pueden tener acceso en todo momento a los datos más importantes desde cualquier lugar. Las páginas estándar preconfiguradas se pueden adaptar fácilmente o completarse con páginas diseñadas de forma individualizada. Los requisitos del análisis de los valores de medición o de la visualización de los rendimientos quedan cubiertos con tablas de datos o diagramas ampliamente configurables. Los rendimientos de los inversores de una instalación se pueden comparar de forma completamente automática, lo que permite detectar las más mínimas desviaciones. Además, la potente funcionalidad de informes transmite periódicamente la información por correo electrónico, protegiendo los beneficios.

| Datos técnicos   | Sunny Portal  |
|--|---|
| <b>Idiomas</b>   |   |
| Idiomas disponibles                                      | Alemán, inglés, español, italiano, francés, chino, griego, coreano, portugués, checo  |
| <b>Requisitos previos del sistema</b>                    |   |
| Sistemas operativos compatibles                          | Todos / acceso optimizado para terminales móviles   |
| <b>Software</b>  |   |
| Navegadores recomendados                                 | Firefox, Internet Explorer a partir de la versión 7, Safari   |
| Otra información   | JavaScript y cookies activadas  |
| Registadores de datos compatibles                        | Sunny WebBox  |
| <b>Gestión de la instalación</b>                         |   |
| Cuenta de Sunny Portal                                   | Una contraseña para todas las instalaciones en Sunny Portal   |
| <b>Información de la instalación</b>                     |   |
| Perfil de la instalación                                 | Vista general de las propiedades más importantes de la instalación fotovoltaica   |
| Comparación anual  | Rápida vista general de los rendimientos durante todo el período  |
| Libro de registro de la instalación                      | Acceso a mensajes sobre eventos de la instalación   |
| Vista general de los equipos                             | Propiedades y parámetros de los equipos de la instalación fotovoltaica  |
| <b>Diseño de las páginas</b>                             |   |
| Páginas estándar   | Páginas estándar automáticas idóneas para las solicitudes más frecuentes de monitorización de la instalación y presentación   |
| Páginas personales                                       | Varias propuestas de plantillas para el diseño de página  |
| Módulos de las páginas                                   | Tablas, diagramas, imágenes propias, texto libre, vista general de la instalación (CO <sub>2</sub> , remuneración, energía)   |
| <b>Visualización del rendimiento y de las mediciones</b> |   |
| Tipos de diagrama  | Elección entre seis tipos de diagrama para la presentación óptima de valores de rendimiento y medición, diagramas de columnas, de superficie o de líneas (con, sin o sólo marcas) y diagramas de coordenadas  |
| Tablas   | Configuración personalizada de la representación en forma de tabla de todos los valores de rendimiento y medición   |
| Períodos de tiempo                                       | Desde cinco minutos hasta un año, a diferentes intervalos   |
| <b>Monitorización</b>                                    |   |
| Comparación de inversiones                               | Comparación totalmente automática y continuada del rendimiento de los inversores y avisos por correo electrónico  |
| Monitorización de la comunicación                        | Monitorización constante y, en caso necesario, aviso de conexión entre Sunny Portal y Sunny WebBox  |
| <b>Informes de estado / informes</b>                     |   |
| Informes generales                                       | Informes diarios o mensuales que comunican por correo electrónico el rendimiento energético, la potencia máxima, la remuneración y la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> , y posibilidad de adjuntar una página definida de forma personalizada desde Sunny Portal |
| Informes de eventos                                      | Informes horarios o diarios que comunican información sobre eventos, avisos, fallos y errores, y posibilidad de personalizar su contenido y destinatarios   |
| Formatos de informe                                      | Texto, PDF, HTML  |
| <b>Accesos individuales</b>                              |   |
| Publicación de páginas individuales                      | Acceso por parte de cualquier usuario de Internet a Sunny Portal a través del área autorizada<br>Idóneo para la presentación individualizada en el propio sitio web   |
| Funciones de usuario                                     | Con las funciones "Invitado", "Usuario estándar", "Instalador" y "Administrador de instalaciones" se pueden determinar con facilidad los permisos de visualización y configuración de cada usuario  |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |
|  |   |

- Gestión de varias instalaciones desde un puesto centralizado**: Representado por un icono de un mapa del mundo.
- Monitorización desde cualquier lugar**: Representado por un icono de un ordenador portátil.
- Vista general rápida de los valores de medición y rendimiento de la instalación fotovoltaica**: Representado por un icono de un gráfico de barras.
- Diagnóstico sencillo gracias a la visualización de los valores de medición y a la vista general de eventos**: Representado por un icono de una lupa.
- La potente funcionalidad de informes ayuda a proteger los rendimientos de forma fiable**: Representado por un icono de un gráfico de barras.
- Acceso individual a las vistas y funciones**: Representado por un icono de un menú de configuración.
- Diseño flexible de páginas para la presentación individualizada de la instalación fotovoltaica**: Representado por un icono de un navegador web.
- Páginas estándar para las vistas más usadas**: Representado por un icono de un navegador web.

## 8.9. Anexo IX: Interfaz de desconexión SCHNEIDER ELECTRIC.

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## INTERPACT INS100 4P

28909

### Principal

|  |   |
|--|---|
| Gama                                     | ComPact   |
| Nombre del producto                      | Compact INSE  |
| Tipo de producto o componente            | Interruptor seccionador   |
| Número de polos                          | 4P  |
| Tipo de red                              | Corriente continua<br>AC  |
| Frecuencia de red                        | 50/60 Hz  |
| [Ie] Corriente nominal de empleo         | AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 220/240 V<br>AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 380/415 V<br>AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 440/480 V 2 polos en serie<br>AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 500 V 2 polos en serie<br>AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 660/690 V 4 polos en serie<br>AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 220/240 V 4 polos en serie<br>AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 380/415 V<br>AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 440/480 V<br>AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 500 V<br>AC-23A, estado 1 63 A AC 50/60 Hz 660/690 V<br>DC-22A, estado 1 100 A corriente continua 50/60 Hz 125 V 2 polos en serie<br>DC-23A, estado 1 100 A corriente continua 50/60 Hz 125 V 2 polos en serie<br>DC-22A, estado 1 100 A corriente continua 50/60 Hz 250 V 4 polos en serie<br>DC-23A, estado 1 100 A corriente continua 50/60 Hz 250 V 4 polos en serie |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento      | 750 V AC 50/60 Hz   |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión    | 8 kV  |
| [Ith] Corriente térmica convencional     | 100 A en 60 °C  |
| [icm] capacidad nominal de cortocircuito | 154 kA con interruptor automático aguas arriba 690 V AC en 50/60 Hz<br>20 kA solo interruptor-seccionador 690 V AC en 50/60 Hz  |
| [Ue] Tensión nominal de empleo           | 250 V corriente continua<br>690 V AC 50/60 Hz   |
| poder de seccionamiento                  | Sí  |
| indicador de posición del contacto       | Sí  |
| corte visible                            | No  |
| Grado de contaminación                   | 3   |

## 8.10. Anexo X: Cableado entre elementos PRYSMIAN GROUP.

### Cables de energía para baja tensión | Low voltage power cables

#### PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



Tensión asignada | Rated voltage: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kV<sub>ac</sub> máx.) (1,8/1,8 kV<sub>dc</sub> máx.)

Norma diseño | Design standard: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica | Generic designation: H1Z2Z2-K



N° DoP 1017844



DESCÁRGATE la DoP  
(descarga de declaración de prestaciones)  
DOWNLOAD the DoP  
(download of performance)  
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



Máxima Resistencia al agua en dc.  
(DCB + test especial WET-I1500)  
Maximum water resistance in dc.  
(DCB + special test WET-I1500)



Resistencia al frío  
Cold resistant



Cable flexible  
Flexible cable



Resistencia a los rayos ultravioleta  
Resistance to ultraviolet rays



Resistencia a los golpes  
Impact resistant



Resistencia a los agentes químicos  
Resistance to chemical agents



Resistencia al ozono  
Ozone resistance



Resistencia al calor húmedo  
Resistance to humid heat



No propagación de la llama  
Flame retardant  
UNE-EN 60332-1-2  
IEC 60332-1-2  
NFC 32070-C2



Libre de halógenos  
Halogen free  
IEC 62821-1  
UNE-EN 50525-1



Baja opacidad de humos  
Low smoke opacity  
UNE-EN 61034-2  
IEC 61034-2

#### WET-I 1500

NUEVO

Test Prysmian Group para asegurar el comportamiento del cable inmerso en agua por periodos prolongados. Simula una situación similar a la que el cable está expuesto en una planta FV.

Condiciones de test:

- 1800 V DC (Máx voltaje)
- Agua a 70 °C
- > 1500 ciclos (12 000 h)

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable), +120 °C (20 000h).
- Ensayo de tensión durante 5 min.: 6500 Vac / 15000 Vdc.

#### Reacción al fuego

##### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E<sub>ca</sub>.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

##### Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:  
UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos:  
IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos:  
UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

#### WET-I 1500

NEW

Prysmian Group test to ensure the behaviour of the cable immersed in water for prolonged periods. Simulates a situation similar to that in which the cable is exposed in a PV plant.

Test conditions:

- 1800 V DC (max. voltage)
- Water at 70 °C
- > 1500 cycles (12 000 h)

- Operating temperature: -40 °C, +90 °C (thermosetting cable), +120 °C (20 000h).
- Alternating voltage test for 5 min.: 6500 Vac / 15000 Vdc.

#### Reaction to fire

##### Fire safety performance in the European Union:

- Reaction to fire class (CPR): E<sub>ca</sub>.
- Fire requirements: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Fire classification: UNE-EN 13501-6.
- Application of results: CLC/TS 50576.
- Test methods: UNE-EN 60332-1-2.

##### Full fire standards (including regulations applicable in countries outside the European Union):

- Flame retardant:  
UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Halogen-free:  
IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Low smoke opacity:  
UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

## PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



Tensión asignada | Rated voltage: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño | Design standard: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica | Generic designation: H1Z2Z2-K



### Construcción

#### 1. Conductor

**Metal:** cobre recocido estañado.

**Flexibilidad:** flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:**

90 °C (120 °C, por 20 000 h). 250 °C en cortocircuito.

#### 2. Aislamiento

**Material:** compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

#### 3. Cubierta

**Material:** compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

**Colores:** negro o rojo.

### Aplicaciones

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores...). Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos. Especialmente resistente a la acción del agua (ADB + test especial para corriente continua WET-I 1500), en instalaciones subterráneas bajo tubo o conducto. Indicado para el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

Sistemas de corriente continua (ITC-BT 53, UNE-HD 60364-7-712).

### Structure

#### 1. Conductor

**Metal:** tinned annealed copper.

**Flexibility:** flexible, class 5, as per UNE EN 60228.

**Maximum conductor temperature:**

90 °C (120 °C, for 20 000 h). 250 °C in short circuit.

#### 2. Insulation

**Material:** halogen-free cross-linked compound as per table B.1, Annex B, EN 50618.

#### 3. Sheath

**Material:** halogen-free cross-linked compound as per table B.1, Annex B, EN 50618. **Colours:** black or red.

### Applications

Specially designed for indoor, outdoor, industrial, agricultural, fixed or mobile (with trackers...) solar photovoltaic installations. They can be installed in trays, conduits and equipment. Especially resistant to the action of water (ADB + special test for direct current WET-I 1500), in underground installations in pipes or conduits. Suitable for the direct current side in photovoltaic solar self-consumption installations.

Direct current systems (ITC-BT 53, UNE-HD 60364-7-712).

### Datos técnicos | Technical data

| Número de conductores x sección<br>Number of conductors x cross-section<br>(mm <sup>2</sup> ) | Diámetro máximo del conductor<br>Maximum conductor diameter<br>(mm) (1) | Diámetro exterior del cable (valor máximo)<br>Cable outer diameter<br>(max.) (mm) | Radio mínimo de curvatura dinámico<br>Minimum dynamic bending radius<br>(mm) | Radio mínimo de curvatura estático<br>Minimum static bending radius<br>(mm) | Peso<br>Weight<br>(kg/km)<br>(1) | Resistencia del conductor a 20 °C<br>Conductor resistance at 20 °C<br>(Ω/km) | Intensidad admisible al aire<br>Permitted current surface-mounted<br>(2) (A) | Intensidad admisible al aire<br>T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C<br>Permitted current surface-mounted.<br>Ambient t 60 °C & conductor t 120 °C<br>(3) | Intensidad admisible bajo tubo enterrado<br>Permissible current in conduit and buried<br>(4) (A) | Caída de tensión<br>Voltage drop<br>(V/A km)<br>(2) |
|---|---|---|--|---|----------------------------------|--|--|--|--|---|
| 1x1,5   | 1,8   | 5,4   | 22   | 16  | 33                               | 13,7   | 24   | 30   | 24   | 27,4  |
| 1x2,5   | 2,4   | 5,9   | 24   | 18  | 45                               | 8,21   | 34   | 41   | 32   | 16,42   |
| 1x4   | 3,0   | 6,6   | 26   | 20  | 61                               | 5,09   | 46   | 55   | 42   | 10,18   |
| 1x6   | 3,9   | 7,4   | 30   | 22  | 80                               | 3,39   | 59   | 70   | 53   | 6,78  |
| 1x10  | 5,1   | 8,8   | 35   | 26  | 124                              | 1,95   | 82   | 98   | 70   | 3,90  |
| 1x16  | 6,3   | 10,1  | 40   | 30  | 186                              | 1,24   | 110  | 132  | 91   | 2,48  |
| 1x25  | 7,8   | 12,5  | 45   | 35  | 286                              | 0,795  | 140  | 176  | 116  | 1,59  |
| 1x35  | 9,2   | 14,0  | 50   | 40  | 390                              | 0,565  | 182  | 218  | 140  | 1,13  |
| 1x50  | 11,0  | 16,3  | 55   | 45  | 542                              | 0,393  | 220  | 276  | 166  | 0,786   |
| 1x70  | 13,1  | 18,7  | 63   | 50  | 742                              | 0,277  | 282  | 347  | 204  | 0,554   |
| 1x95  | 15,1  | 20,8  | 70   | 55  | 953                              | 0,210  | 343  | 416  | 241  | 0,42  |
| 1x120   | 17,0  | 22,8  | 75   | 60  | 1206                             | 0,164  | 397  | 488  | 275  | 0,328   |
| 1x150   | 19,0  | 25,5  | 80   | 65  | 1500                             | 0,132  | 458  | 566  | 311  | 0,264   |
| 1x185   | 21,0  | 28,5  | 85   | 70  | 1843                             | 0,108  | 523  | 644  | 348  | 0,216   |
| 1x240   | 24,0  | 32,1  | 95   | 80  | 2304                             | 0,0817   | 617  | 775  | 402  | 0,1634  |

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar la corriente por 0,85.

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

(4) Instalación bajo tubo enterrada con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W y temperatura del terreno 25 °C. XLPE2 con instalación tipo D1 (Cu) (monofásica o continua). Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C. Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (30 años).

(1) Approximate values.

(2) Single-phase or direct current installation in a surface-mounted perforated tray (40 °C). With direct exposure to the sun, multiply the current by 0,85.

→ XLPE2 with installation type F → column 13. (UNE-HD 60364-5-52 and IEC 60364-5-52).

(3) Installation of separate conductors with efficient air renewal throughout their sheath (suspended cables).

(4) Under-pipe buried installation with standard soil thermal resistivity of 2.5 K·m/W and a soil temperature of 25 °C. XLPE2 with installation type D1 (Cu) (single-phase or continuous). Ambient temperature of 60 °C (in the shade) and a maximum conductor temperature of 120 °C. Value that the cable can withstand, 20 000 h over its estimated life (30 years).

8.11. Anexo XI: Protección de paneles solares de LITTLEFUSE.

**Solar Products**  
SPF SERIES SOLAR FUSES

1000 V dc • 1–30 A



2



**Description**

The SPF Solar Protection Fuse series has been specifically designed for the protection of photovoltaic (PV) systems. This family of midget-style fuses (10 x 38 mm) can safely protect PV modules and conductors from reverse-overcurrent conditions.

As PV systems have grown in size, so have the corresponding voltage requirements. This increase in system voltage has typically been intended to minimize power loss associated with long conductor runs. Standard circuit protection devices are not designed to completely protect photovoltaic panels. However, the SPF series is UL Listed to safely interrupt faulted circuits up to this demanding voltage level.

Littelfuse offers 14 ampere ratings to match specific requirements in a variety of applications.

**Features/Benefits**

- Meets UL and IEC photovoltaic standards
- UL 248-19 Listed 1000 V dc maximum
- 1-30 A ratings available
- 20,000 A Interrupting Rating - 1 A - 20 A
- 50,000 A Interrupting Rating - 25 A - 30 A
- Both PCB mount and dead-front holder options available

**Applications**

- Inverters
- Combiner boxes
- Battery charge controllers

**Recommended Accessories**

Fuse Holder: LPHV 1000 V dc POWR-Safe Series  
Fuse Clips: 125004/125005

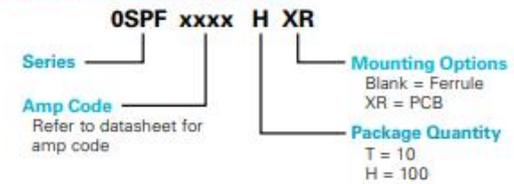
**Web Resources**

Download technical documents: [littelfuse.com/spf](http://littelfuse.com/spf)

**Specifications**

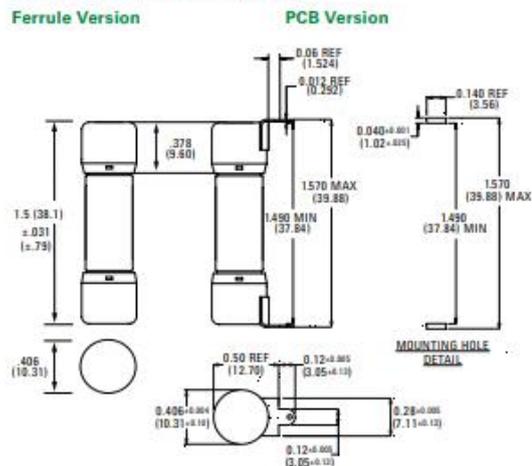
|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Voltage Rating</b>           | 1000 V dc  |
| <b>Amperage Rating</b>          | 1, 2, 3, 3.5, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30   |
| <b>Max. Interrupting Rating</b> | 20 kA - 1 A - 20 A<br>50 kA - 25 A - 30 A  |
| <b>Time Constant</b>            | ≤ 2 ms   |
| <b>Material</b>                 | Body: Melamine<br>Caps: Copper Alloy   |
| <b>Approvals</b>                | UL 248-19 Listed (File: E339112)<br>IEC 60269-6 (1-30 A)<br>CSA Certified (File: 029862_0_000) |
| <b>Environmental</b>            | RoHS Compliant   |
| <b>Country of Origin</b>        | Mexico   |

**Part Numbering System**



| SERIES | AMPERAGE | PACKAGE QUANTITY | MOUNTING METHOD | CATALOG NUMBER | ORDERING NUMBER |
|--------|----------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| SPF    | 2        | 10               | FERRULE         | SPF002         | 0SPF002.T       |
| SPF    | 3.5      | 10               | FERRULE         | SPF03.5        | 0SPF03.5T       |
| SPF    | 30       | 100              | PCB TABS        | SPF030R        | 0SPF030.HXR     |

**Dimensions Inches (mm)**



[littelfuse.com/solar](http://littelfuse.com/solar)

# Presentación

## Interruptor automático modular hasta 63 A

---

### . Presentación

- El interruptor automático de carril DIN iC60 Acti 9 es la nueva referencia en el campo de la distribución terminal en baja tensión para la protección de circuitos.
  - El interruptor automático de carril DIN iC60 Acti 9 incluye muchas innovaciones gracias a los más de 40 años de experiencia de Schneider Electric.
- 

Gracias a sus características exclusivas, el interruptor automático de carril DIN iC60 Acti 9 ofrece una seguridad total y una mayor continuidad del servicio.

- VISI-SAFE: Para garantizar la seguridad del funcionamiento y del trabajo de mantenimiento en los circuitos.
- Aislamiento de clase 2: Seguridad permanente para los operadores y el personal no cualificado.
- VISI-TRIP: Señaliza el defecto localmente reduciendo el tiempo de intervención.
- Dispositivos de protección adicionales y de alta inmunidad contra fugas a tierra: Mayor continuidad del servicio, especialmente en las redes y los entornos contaminados.

El interruptor automático de carril DIN iC60 Acti 9 es un interruptor de protección fácil de seleccionar y de instalar, y respetuoso con el medio ambiente, ya que sus componentes son reciclables y recuperables al 100%.

### Características técnicas

---

- Corriente nominal: de 1 a 63 A
  - Gran variedad de poderes de corte de hasta 100 kA y curvas de disparo: B, C, D, etc.
  - Cumplimiento de las normas UNE-EN 60898 o UNE-EN 60947-2, homologado por organismos oficiales nacionales
  - Coordinación total con la gama de protección diferencial Acti 9 y con los interruptores automáticos Compact NSX
  - Apto para el seccionamiento según la norma industrial UNE-EN 60947
  - Tensión de empleo: hasta 440 V CA; tensión de aislamiento: 500 V
  - Bloques diferenciales Vigi: iC60 Vigi
  - Auxiliares opcionales: Indicación del estado y defecto, bobinas de disparo, disparo por infratensión, disparo por sobretensión
-

## 8.13. Anexo XIII: Protección de sobretensiones de DEHN.

### Datos técnicos: SPD+POP+MCB / POP+MCB / POP

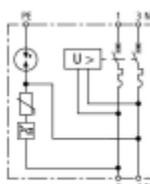


#### SPD+POP 2 255 C25 (900 780)

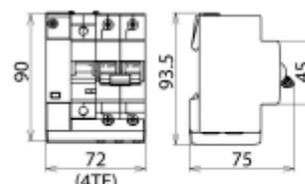
- Protección total contra sobretensiones transitorias y permanentes
- Diseño compacto y fácil instalación
- Cumple con las normativas EN 61643-11 (SPD) y EN 50550 (POP)



Fotografía no vinculante



Esquema del SPD+POP 2 255 C25



Dimensiones del SPD+POP 2 255 C25

#### Información general

| Tipo                                    | SPD+POP 2 255 C25                                       |
|---|---|
| art. no.                                | 900 780   |
| Tipo de red                             | monofásico TT / TN                                      |
| Número de polos                         | 1P + N  |
| Tensión nominal AC ( $U_n$ )            | 230 V   |
| Frecuencia nominal ( $f_n$ )            | 50 Hz   |
| Temperatura de funcionamiento ( $T_u$ ) | -25 °C ... +60 °C                                       |
| Sección de conexión (L, N) (min.)       | 2.5 mm <sup>2</sup> rígido / flexible                   |
| Sección de conexión (L, N) (max.)       | 16 mm <sup>2</sup> rígido / 25 mm <sup>2</sup> flexible |
| Sección de conexión (PE) (min.)         | 0.75 mm <sup>2</sup> rígido / flexible                  |
| Sección de conexión (PE) (max.)         | 6 mm <sup>2</sup> rígido / 10 mm <sup>2</sup> flexible  |
| Clase de protección                     | IP 20   |
| Medidas de montaje                      | 4 módulos, DIN 43880                                    |
| Montaje sobre                           | carril DIN 35 mm según EN 60715                         |

#### SPD

| Tipo   | SPD+POP 2 255 C25                    |
|--|--------------------------------------|
| art. no.   | 900 780                              |
| DPS según EN 61643-11 / ... IEC 61643-1/-11  | Tipo 2                               |
| Máxima tensión permisible de servicio AC [L-N] ( $U_c$ )                                       | 275 V                                |
| Máxima tensión permisible de servicio AC [N-PE] ( $U_d$ )                                      | 255 V                                |
| Capacidad de apagado corriente consecutiva [N-PE] ( $I_c$ )                                    | 100 A                                |
| Corriente nominal de descarga (8/20) [L-N] ( $I_n$ )   | 5 kA                                 |
| Corriente nominal de descarga (8/20) [N-PE] ( $I_n$ )  | 20 kA                                |
| Corriente máxima de descarga (8/20) [L-N] ( $I_{max}$ )  | 15 kA                                |
| Corriente máxima de descarga (8/20) [N-PE] ( $I_{max}$ )                                       | 40 kA                                |
| Nivel de protección ( $U_p$ )  | ≤ 1.5 kV                             |
| Corriente del conductor de protección ( $I_{cp}$ )   | ≤ 5 μA                               |
| Tiempo de respuesta [L-N] ( $t_a$ )  | ≤ 25 ns                              |
| Tiempo de respuesta [N-PE] ( $t_a$ )   | ≤ 100 ns                             |
| Fusible previo max.  | MCB C 63 A                           |
| Resistencia a cortocircuito con máxima protección sobrecorriente AC lado de red ( $I_{ccCR}$ ) | 6 kA                                 |
| Tensión TOV [L-N] ( $U_T$ )  | 335 V / 5 s                          |
| Tensión TOV [N-PE] ( $U_T$ )   | 1200 V / 200 ms                      |
| Características TOV  | resistencia                          |
| Indicación de estado operativo/defectuoso  | verde / rojo                         |
| Número de puertos  | 1                                    |
| Material de la carcasa   | termoplástico, color gris, UL 94 V-0 |
| Lugar de instalación   | interior                             |