



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**INSTALACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS
PARA REDUCIR COSTES EN UN EDIFICIO DE
MADRID**

Autor: Alejandro Parreño Villanueva

Director: Luis Javier Mata García

Madrid 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Instalación de placas fotovoltaicas para reducir costes en un edificio de Madrid
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2022/23 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.: **Alejandro Parreño Villanueva**

Fecha: 05/06/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha:/...../.....





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**INSTALACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS
PARA REDUCIR COSTES EN UN EDIFICIO DE
MADRID**

Autor: Alejandro Parreño Villanueva

Director: Luis Javier Mata García

Madrid 2023

Agradecimientos

*Agradecer en primer lugar a mis padres y a mi hermano por su apoyo desde el primer día,
y la confianza que siempre han tenido en mí.*

Agradecer a Luis Javier, por guiarme a lo largo del proyecto para sacarlo adelante.

INSTALACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA REDUCIR COSTES EN UN EDIFICIO DE MADRID

Autor: Parreño Villanueva, Alejandro.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Debido a la subida de precios de la energía en los últimos años, se va a realizar el proyecto para la instalación de una planta fotovoltaica en el tejado de un edificio en el barrio de Pinar de Chamartín, Madrid.

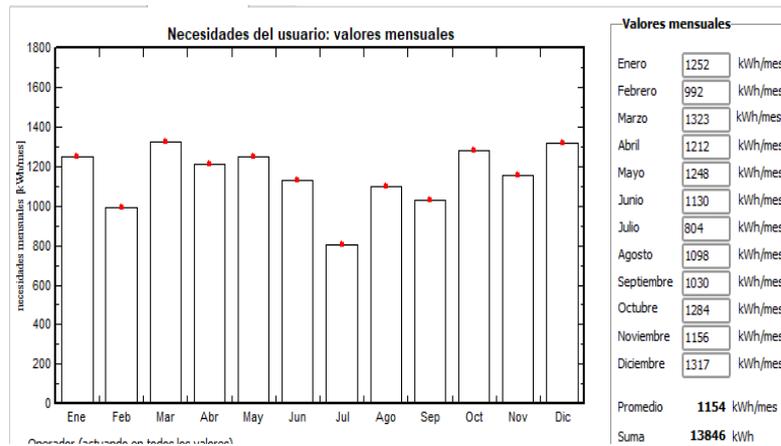
El número de personas en la tierra aumenta constantemente, por lo que la demanda de energía crece, el problema es que los recursos fósiles que hay en la tierra disminuyen, además de que el uso de energías no renovables aumenta la contaminación en el planeta. Ante esta situación en 2015 en París se establecieron unos objetivos que se tienen que cumplir antes de 2050, para conseguir reducir la contaminación, y asegurar un mejor futuro para las próximas generaciones. Desde ese año el uso de energías renovables ha aumentado en todo el mundo, en España por ejemplo se espera que en 2030 las energías renovables cubran el 74% de la necesidad energética del país.

En estos últimos años, en España se ha derogado “el impuesto al sol”, un impuesto que obligaba a las personas que tuviesen instaladas placas solares para el autoconsumo a pagar un porcentaje, y se han empezado a otorgar subvenciones con los fondos de la Unión Europea, los “Fondos Next Generation”. Actuaciones así por parte del gobierno han animado a todo tipo de comunidades a invertir en energía renovable, tanto empresas, como comunidades de vecinos y particulares.

En este proyecto se busca dimensionar una planta fotovoltaica para reducir los costes de la comunidad, y a su vez convertirla en autosuficiente y que apoye al cambio climático. Se trata de un edificio en el norte de la comunidad de Madrid, se ubica en una zona en la que los edificios colindantes no provocan ningún tipo de sombra por lo que se parte de una buena situación para realizar este estudio. Además, las características geográficas y medioambientales son favorables de cara a poder instalar los paneles, la temperatura media es de 15,6°C, tiene una humedad relativa de 53%, y la radiación difusa horizontal es de 45,7 kWh/m²/mes (datos obtenidos con PVsyst).

Para hacer el dimensionamiento de la planta se va a usar el programa PVsyst, aunque para poder usarlo correctamente primero se tiene que estudiar el consumo del edificio. En el último año la comunidad y el garaje en conjunto han consumido un total de 13846 kWh, y con un precio medio de 0,276€/kWh, es decir que han tenido una factura de 3862€. El

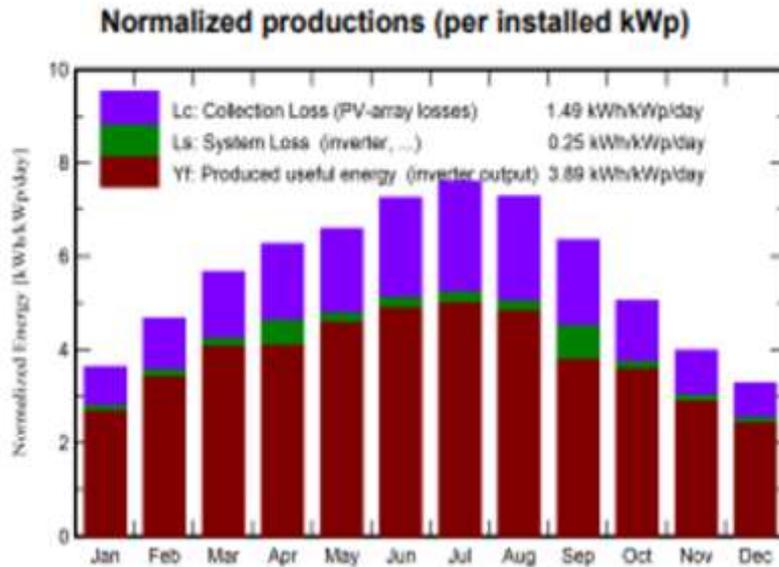
consumo del emplazamiento se mantiene constante durante todos los meses del año, con pocas variaciones entre invierno y verano.



Para diseñar la distribución de las placas, se ha hecho un estudio de la azotea en la que se observa que está dividida en dos partes y que las únicas sombras las producen los cuartos de motores de los ascensores, por lo que se ha decidido distribuir 24 módulos por el tejado de la forma más eficiente posible, y evitando que se obstaculicen unos a otros con sus propias sombras.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se busca hacer una simulación con el programa PVsyst, para obtener una planta de 8,88 kWp. Para ello se seleccionan 24 módulos JAM60S20 – 370W de la marca JA Solar y el inversor SUN2000 – 8KTL M1 de la marca Huawei. Estos módulos están instalados con una inclinación de 30° y de cara al sur para así obtener el máximo rendimiento posible. Con esto seleccionado se obtiene una instalación que produce **12,6 MWh** al año. Esta Potencia se obtiene teniendo en cuenta las distintas pérdidas de la instalación, como, por ejemplo, las pérdidas óhmicas, la calidad de los módulos o la suciedad.

Después de realizar la simulación se obtiene un informe con todos los resultados, entre los que destacan la producción de la planta y como se distribuye durante el año. Debido a que la comunidad consume energía tanto de noche como de día, se necesita comprar energía de la red, y a su vez como en muchos momentos del día se está produciendo más energía de la que se consume se producen excedentes. De esta forma la comunidad tendrá energía para autoconsumo, y energía para vender, pero necesitará comprar una parte para abastecer las necesidades. La producción de la planta es la siguiente:



Desde el punto de vista económico, para estudiar la rentabilidad se ha estimado que el precio de la electricidad de los próximos años será de 165 €/MWh y con un aumento del 2,5% anual, además, se tiene en cuenta que el rendimiento de las placas disminuye todos los años. Comparando la situación de instalar las placas frente a no instalarlas, se obtiene un ahorro aproximado de 18000€ en 30 años, teniendo en cuenta la inversión inicial, a lo que se le sumaran 25800 de ventas de excedentes y unos 3896 € aproximadamente de posibles subvenciones de la comunidad de Madrid.

Viendo estos resultados se puede afirmar que será una inversión rentable para los vecinos.

Este proyecto cuenta con más detalles en todos los apartados del diseño y de la viabilidad económica, además de un apartado de planos correspondientes al emplazamiento y al diseño. También, se incluye un documento de pliego de condiciones, y un documento de anexos donde se encuentran más detalles del proyecto como las fichas técnicas de los módulos y del inversor

INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS TO REDUCE COSTS IN A BUILDING IN MADRID

Author: Parreño Villanueva, Alejandro.

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

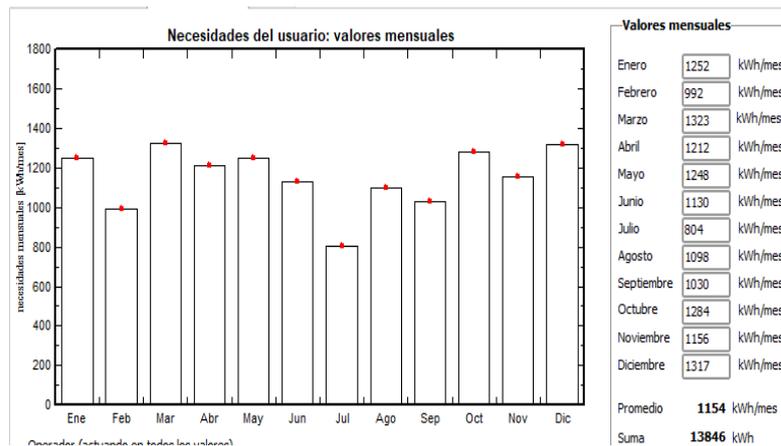
Due to the increase in energy prices in recent years, the project for the installation of a photovoltaic plant on the roof of a building in the neighborhood of Pinar de Chamartín, Madrid, is going to be carried out.

The number of people on earth is constantly increasing, so the demand for energy is growing, the problem is that fossil resources on earth are decreasing, in addition to the use of non-renewable energy increases pollution on the planet. Faced with this situation, in 2015 in Paris, objectives were established that must be met before 2050, in order to reduce pollution and ensure a better future for future generations. Since that year, the use of renewable energies has increased worldwide. In Spain, for example, it is expected that by 2030 renewable energies will cover 74% of the country's energy needs.

In recent years, Spain has repealed the "sun tax", a tax that forced people who had installed solar panels for self-consumption to pay a percentage and has begun to grant subsidies with funds from the European Union, the "Next Generation Funds". Actions like this by the government have encouraged all types of communities to invest in renewable energy, both companies and communities of neighbors and individuals.

This project seeks to size a photovoltaic plant to reduce the costs of the community, and in turn make it self-sufficient and support climate change. It is a building in the north of the community of Madrid, it is located in an area in which the adjacent buildings do not cause any kind of shadow, so it is a good situation to carry out this study. In addition, the geographical and environmental characteristics are favorable for the installation of the panels, the average temperature is 15.6°C, the relative humidity is 53%, and the horizontal diffuse radiation is 45.7 kWh/m²/month (data obtained with PVsyst).

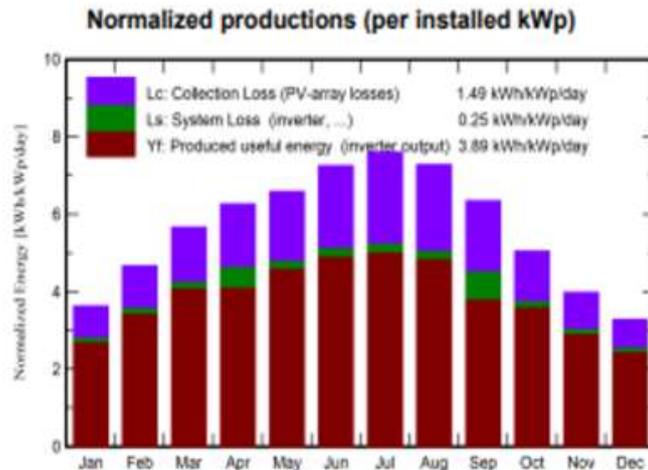
The PVsyst program will be used to size the plant, although in order to use it correctly, the consumption of the building must first be studied. In the last year the community and the garage together have consumed a total of 13846 kWh, and with an average price of 0,276€/kWh, in total they have had a bill of 3862€. The consumption of the site remains constant during all months of the year, with few variations between winter and summer.



In order to design the distribution of the panels, a study of the roof has been made in which it is observed that it is divided into two parts and that the only shadows are produced by the elevator motor rooms, so it has been decided to distribute 24 modules on the roof in the most efficient way possible and avoiding that they hinder each other with their own shadows.

Considering all of the above, a simulation with the PVsyst program is sought to obtain a plant of 8.88 kWp. For this purpose, 24 JA Solar JAM60S20 - 370W modules and the Huawei SUN2000 - 8KTL M1 inverter are selected. These modules are installed with an inclination of 30° and facing south in order to obtain the maximum possible yield. With this selected, an installation that produces 12.6 MWh per year is obtained. This power is obtained considering the different losses of the installation, such as ohmic losses, the quality of the modules or dirt.

After performing the simulation, a report is obtained with all the results, including the plant's production and how it is distributed during the year. Since the community consumes energy both at night and during the day, it is necessary to buy energy from the grid, and in turn, since at many times of the day more energy is being produced than is consumed, surpluses are produced. In this way the community will have energy for self-consumption, and energy to sell, but will need to buy a part to supply the needs. The production of the plant is as follows:



From the economic point of view, to study the profitability, it has been estimated that the price of electricity in the coming years will be 165 €/MWh and with an increase of 2.5% per year, in addition, it is taken into account that the performance of the plates decreases every year. Comparing the situation of installing the panels versus not installing them, we obtain an approximate saving of 18000 € in 30 years, taking into account the initial investment, to which we will add 25800 of surplus sales and about 3896 € approximately of possible subsidies from the community of Madrid.

Looking at these results, it can be affirmed that it will be a profitable investment for the neighbors.

This project has more details in all sections of the design and economic viability, plus a section of plans for the site and design. Also, it includes a document of specifications, and a document of annexes where you can find more details of the project such as the technical data sheets of the modules and the inverter.

Índice de la memoria

| | |
|--|----------|
| Documento 1: Memoria descriptiva | 7 |
| 1. Objetivos | 8 |
| 2. Introducción..... | 8 |
| 3. Energías renovables..... | 9 |
| 4. Energía solar y autoconsumo | 16 |
| 4.1. <i>Energía Solar y su evaluación ventajas y desventajas frente a otras:</i> | 16 |
| 4.2. <i>Autoconsumo</i> | 17 |
| 4.3. <i>Autoconsumo en España</i> | 19 |
| 4.4. <i>Plan nacional</i> | 21 |
| 4.5. <i>Subvenciones</i> | 23 |
| 4.6. <i>Marco regulatorio</i> | 26 |
| 5. Placas solares..... | 29 |
| 5.1. <i>Componentes de los paneles</i> | 31 |
| 5.2. <i>Tipos de placas solares</i> | 32 |
| 5.3. <i>Tipos de instalaciones</i> | 33 |
| 6. Emplazamiento:..... | 35 |
| 6.1. <i>Razón</i> | 35 |
| 6.2. <i>Localización de emplazamiento.</i> | 35 |
| 6.3. <i>Datos del edificio</i> | 36 |
| 6.4. <i>Datos climáticos genéricos de la zona.</i> | 38 |
| 7. Consumo..... | 39 |
| 8. Evaluación Solar del edificio | 45 |
| 9. Dimensionamiento de la planta | 48 |
| 9.1. <i>Localización geográfica.</i> | 49 |
| 9.2. <i>Orientación del plano:</i> | 51 |
| 9.3. <i>Definición del sistema de red:</i> | 52 |
| 9.4. <i>Perdidas</i> | 56 |
| 9.5. <i>Autoconsumo</i> | 59 |
| 9.6. <i>Parámetros opcionales</i> | 60 |
| 9.7. <i>Resultados de la simulación</i> | 62 |

| | |
|---|-----------|
| 10. Descripción de la planta: | 66 |
| 10.1. Características generales..... | 66 |
| 10.2. Paneles instalados..... | 66 |
| 10.3. Inversores instalados..... | 68 |
| 10.4. Elementos de protección y medida..... | 69 |
| 10.5. Puesta a tierra..... | 70 |
| 11. Ahorro económico..... | 71 |
| 12. Presupuesto del proyecto..... | 74 |
| 13. Viabilidad económica..... | 75 |
| 14. Objetivos de Desarrollo Sostenible | 77 |
| 15. Conclusiones | 79 |
| 16. Bibliografía..... | 81 |
| Documento 2: Planos | 84 |
| 1.1 Plano: Tejado..... | 85 |
| 2. Plano: Distribución de paneles | 86 |
| 3. Plano: Distribución de strings | 87 |
| 4. Plano: Esquema unifilar | 88 |
| Documento 3: Pliego de condiciones | 89 |
| 1. Objeto:..... | 90 |
| 2. Generalidades | 90 |
| 3. Diseño..... | 91 |
| 4. Componente y materiales | 92 |
| 4.1. Generalidades | 92 |
| 4.2. Sistemas..... | 93 |
| 4.3. Estructura..... | 94 |
| 4.4. Inversores | 94 |
| 4.5. Cableado: | 96 |
| 4.6. Conexión de red..... | 96 |
| 4.7. Medidas | 97 |
| 4.8. Protecciones | 97 |
| 4.9. Puesta a tierra..... | 97 |
| 4.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética | 97 |

| | |
|---|-----------|
| Documento 4: Anexos | 99 |
| Anexo I. Elección de modulo e inversor..... | 100 |
| 1. Selección de modulo. | 100 |
| 2. Elección del inversor | 101 |
| Anexo II. Cálculos económicos | 104 |
| Anexo III. Facturas | 108 |
| Anexo IV. Simulación con PVsyst | 114 |
| Anexo V. Fichas Técnicas | 121 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Precio de la electricidad en España. Fuente: Statista [1.]..... | 11 |
| Ilustración 2: Precio de los derechos de emisión del CO ₂ . (Banco de España)[2.] | 11 |
| Ilustración 3: Aumento de la capacidad energética mundial. Fuente: Endesa [3.]..... | 14 |
| Ilustración 4: Recorrido energía consumida. Fuente: El blog energía [4.]..... | 18 |
| Ilustración 5: Planta con excedentes. Fuente: Novasol [5.]..... | 19 |
| Ilustración 6: Potencia nueva instalada en España. Elaboración propia..... | 21 |
| Ilustración 7: Elementos instalación fotovoltaica..... | 30 |
| Ilustración 8: Panel solar. Fuente: Factorenergia [6.]..... | 32 |
| Ilustración 9: Situación geográfica del edificio. Fuente: Google Maps | 36 |
| Ilustración 10: Vista de la calle del edificio. Fuente Google Maps..... | 37 |
| Ilustración 11: Vista aérea del edificio. Fuente Google Maps | 37 |
| Ilustración 12: Temperaturas máximas y mínimas promedio de Madrid (datos de 2015-2023, fuente Weatherspark) [7.]..... | 38 |
| Ilustración 13: Horas de luz solar promedio de Madrid (datos de 2015-2023, fuente Weatherspark) [7.]..... | 39 |
| Ilustración 14: Consumo de la comunidad. Elaboración propia..... | 41 |
| Ilustración 15: Consumo del garaje. Elaboración propia | 42 |
| Ilustración 16: Consumo del edificio. Elaboración propia..... | 43 |
| Ilustración 17: Distribución del consumo horario de la comunidad. Fuente SolarEdge | 45 |
| Ilustración 18: Distribución del consumo horario de la comunidad y el garaje. Fente SolarEdge | 45 |
| Ilustración 19: Porcentaje de radiación que llega a la Tierra. Fuente: Energética Futura [8.] | 46 |
| Ilustración 20: Coordenadas del emplazamiento en PVsyst..... | 49 |
| Ilustración 21: Trayectoria solar en Caleruega 11. Fuente PVsyst | 50 |
| Ilustración 22: Diseño de orientación PVsyst. Fuente PVsyst | 51 |
| Ilustración 23: Diseño de las placas, radiación sobre el tejado, fuente: SolarEdge | 52 |
| Ilustración 24: Pestaña de diseño del sistema de red. Fuente PVsyst..... | 53 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 25: Datos del módulo en PVsyst. | 54 |
| Ilustración 26: Datos del inversor en PVsyst. | 55 |
| Ilustración 27: Perdidas calidad de modulo, Fuente PVsyst | 57 |
| Ilustración 28: Perdidas IAM, Fuente PVsyst | 58 |
| Ilustración 29: Perdidas por envejecimiento (25 años), Fuente PVsyst | 59 |
| Ilustración 30: Valores mensuales de consumo. Fuente PVsyst | 60 |
| Ilustración 31: Resultados de la simulación en PVsyst | 62 |
| Ilustración 32: Diagrama de Shankely de la simulación, Fuente PVsyst | 64 |
| Ilustración 33: Comparación generación con consumo. Fuente SolarEdge. | 65 |
| Ilustración 34: Diseño y características del módulo, JA Solar | 67 |
| Ilustración 35: curva de eficiencia y diagrama del inversor: SUN2000-4KTL M1 | 68 |
| Ilustración 36: Formula del VAN | 76 |
| Ilustración 37: Formula de la TIR | 76 |
| Ilustración 38: Amortización del proyecto | 77 |
| Ilustración 39: Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente Naciones Unidas [9.]..... | 79 |
| Ilustración 40: Limite de perdidas | 92 |
| Ilustración 41: Símbolo CE | 93 |
| Ilustración 42: Ecuación tensión de modulo | 102 |
| Ilustración 43: Ecuación intensidad del modulo | 102 |
| Ilustración 44: Ecuación tensión de string..... | 103 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Coste subvencionable unitario | 25 |
| Tabla 2: Consumo de la comunidad | 41 |
| Tabla 3: Consumo del garaje | 42 |
| Tabla 4: Consumo del edificio..... | 43 |
| Tabla 5: Datos Meteonorm 8.1 | 48 |
| Tabla 6: Datos generados por PVsyst de la base de datos Meteonorm 8.1 | 50 |
| Tabla 7: Parámetros eléctricos del módulo JAM60S20 | 67 |
| Tabla 8: Parámetros del inversor SUN2000-8KTL M1 | 69 |
| Tabla 9: Ahorro por autoconsumo..... | 73 |
| Tabla 10: Presupuesto del proyecto, elaboración propia..... | 74 |
| Tabla 11: Detalles inversor SUN2000-8KTI M1 | 101 |
| Tabla 12: Detalles modulo JAM60S20 | 101 |
| Tabla 13: Resultados para las ecuaciones del módulo | 103 |
| Tabla 14: Resultados para las ecuaciones en los strings | 103 |
| Tabla 15: Gastos sin placas | 104 |
| Tabla 16: Ahorro autoconsumo | 105 |
| Tabla 17: Gasto con placas..... | 106 |
| Tabla 18: Ganancias de excedentes | 107 |

DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETIVOS

En este documento se busca presentar de forma de tallada la propuesta de un proyecto de implantación de placas solares en un edificio. Se trata de un diseño que busca que el edificio sea autosuficiente para generar la energía necesaria para iluminar las zonas comunes.

En este documento se expondrán diferentes informaciones y estudios, empezando por los más genérico, una breve información sobre las energías renovables, también cómo funciona la energía solar y las placas fotovoltaicas. Hasta los detalles más importantes, los datos necesarios para llevar a cabo este proyecto, como el consumo del edificio, el dimensionamiento de las placas, la radiación recibida en el edificio...

2. INTRODUCCIÓN

Para entender por qué se va a realizar este proyecto, que consiste en cambiar las fuentes que suministran energía a un edificio, hay que explicar qué son las energías renovables, la situación energética en el mundo y la necesidad del cambio.

Actualmente, seguimos dependiendo de energías "sucias" como el petróleo, y eso debe de cambiar.

En cambio, las energías renovables se obtienen de recursos naturales, que no llegarán a agotarse. El viento o el sol son un ejemplo de estos recursos inagotables

3. ENERGÍAS RENOVABLES

En la actualidad existen varias relaciones con la energía, las fuentes de energía, la contaminación y los precios. En las últimas décadas la contaminación en todo el mundo ha aumentado demasiado y está trayendo consigo muchos problemas como el calentamiento global, se espera que la temperatura de la tierra incremente aproximadamente 1,5°C entre los años 2030 y 2050 (IPCC, 2019). Además, a esto hay que añadirle la subida de precios de la energía en España durante los últimos años ya sea por guerras o problemas internos al país. Para poder solucionar estos problemas se está haciendo uso de las energías renovables que van creciendo año tras año. Este tipo de energías pueden solucionar los problemas que tenemos debido a que no se agotan ni contaminan como el carbón o el petróleo, y por otro lado España puede producirlas dentro del país evitando así la importación de gas o petróleo ayudaría a una bajada de precios.

El número de personas en la tierra aumenta constantemente, en noviembre de 2022 se llegó a la cifra de 8000 millones por primera vez en la historia, y al igual que crece la población crece la demanda de energía. El problema que trae esta subida de demanda es que se tiene que producir más, y a medida que esa producción sube los recursos disminuyen. La humanidad en un año es capaz de agotar los recursos que la tierra ha tardado en generar miles de años como es el caso de los combustibles fósiles. Ante esta situación las energías renovables son idóneas debido a que no se van a agotar y pueden satisfacer las necesidades de suministro, al fin y al cabo, al contrario que el petróleo, la luz emitida por el sol, o el viento que hay en la tierra son fuentes infinitas. Es verdad que pueden depender de ciertas características como la localización o el clima, que pueden afectar a la cantidad de energía producida, pero para ello se están elaborando baterías capaces de almacenar energía para usar en ese tipo de situaciones. A esta situación de escasez se le suman los problemas que causa el uso de energías no renovables en el medioambiente, son el combustible del cambio climático.

Al usar energías contaminantes se emiten a la atmosfera CO₂ y otros gases de efecto invernadero, el resultado es que expulsan y acumulan calor aumentando así la temperatura de la tierra. En un principio se esperaba que esta temperatura aumentase 2°C antes de 2050, pero con el acuerdo de Paris se espera que se llegue a un máximo 1,5°C. Aparte de los gases emitidos también hay que tener en cuenta que la humanidad comente errores que puede ser causa de problemas como el derrame de petróleo, una zona bastante afectada es la amazonia peruana, donde estos vertidos afectan al agua o la comida. Hay que tener en cuenta también que la energía nuclear, al contrario que otras energías no renovables no emite CO₂ a la atmosfera, pero si radiación.

Esta energía produce unos deshechos que son muy difíciles de eliminar y se necesitan espacios preparados para su almacenamiento, ya que si emiten radiación pueden crear problemas muy graves y que perduran mucho tiempo, véase el caso de Chernóbil. Por último, está el tema monetario, en España el precio de la luz ha subido bastante en los últimos años, entre 2020 y 2021 el precio aumento un 190%, paso de valer 39,3 euros el megavatio hora en agosto de 2020, a 113,99 euros MWh ese mismo mes un año más tarde (Figura 1).

La razón principal que ha provocado el 70% de esta subida es la subida de precio por los desechos de emisión de CO₂ que se establecieron ese mismo año en Europa con el fin de intentar reducir el uso de energías no renovables, en especial los combustibles fósiles, como se puede ver en la segunda figura, los precios de emisión han aumentado un 100% con respecto a hace 3 años. Un año más tarde, a esa subida de precios se le ha sumado el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, no es la causa principal ya que el precio era alto antes del comienzo de la guerra, pero ha ayudado a subirlo más. Europa dependía mucho del gas de Rusia ya que generaba el 40% del gas utilizado por la EU, al entrar en conflicto con ellos se han impuesto sanciones y recortes mutuamente influyendo a si en el precio del gas.

En la primera figura destaca el mes de marzo que tiene un precio de casi 300€ MWh. Hay que tener en cuenta que la península ibérica ha creado un mecanismo para poner un precio máximo al gas e intentar controlar los precios. Ha conseguido bajar los precios durante estos

últimos meses, pero hay que tener en cuenta que esta mediada solo durará seis meses ya que a partir de diciembre de 2022 este precio se volverá a incrementar paulatinamente.

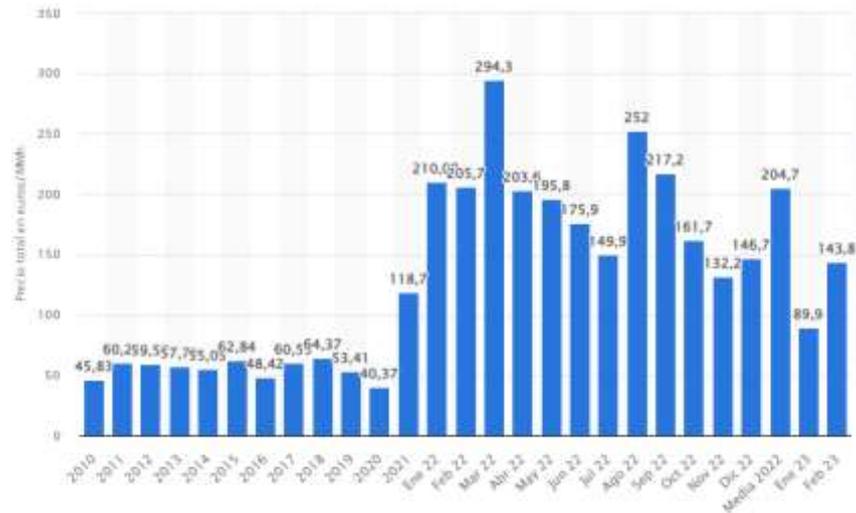


Ilustración 1: Precio de la electricidad en España. Fuente: Statista [1.]

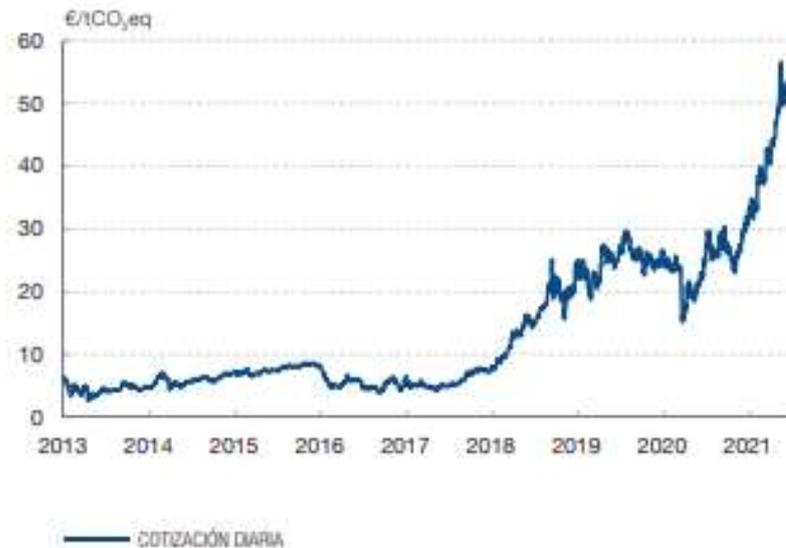


Ilustración 2: Precio de los derechos de emisión del CO2. (Banco de España)[2.]

Con todos estos problemas que causan las energías no renovables y más con lo que han aumentado en estos últimos años, es esencial el cambio hacia las energías renovables. Este tipo de energías son “infinitas” por lo que en cuanto a recursos necesarios no importara si la demanda energética sigue subiendo el resto de los años. Hay que tener en cuenta la localización es un factor importante debido a que no en todos los países hace el mismo viento o no tienen la misma cantidad de horas de luz solar, pero sí que cada país puede obtener alguna energía renovable, aunque sea en menor medida, al contrario de lo que sucede con el petróleo el cual se obtiene solo en ciertos lugares de la tierra. Gracias a la fácil localización y al avance tecnológico se espera un gran crecimiento global del uso de renovables, según la Agencia Internacional de Energía, las renovables abarcaban en 2018 el 26% de la energía global, y se estima que para 2040 lleguen a producir el 44%.

El uso de estas energías es una solución limpia al problema de la contaminación y del calentamiento global, al contrario que los combustibles fósiles, las renovables no emiten CO₂ ni gases de efecto invernadero. Con el uso de estas energías se espera rebajar la necesidad de usar las contaminantes, así llegar a cumplir los objetivos acordados en Paris en 2015 y poder cuidar más el planeta evitando catástrofes como que los polos se puedan derretir y la subida de temperatura.

Además, al usar energías renovables se pueden evitar desastres como la contaminación de la fauna por desprendimiento de petróleo como pasa en la zona del Amazonas. Ya no solo pensando en la fauna si no en la humanidad, el hecho de que sea más limpia y menos contaminante reduce la aparición de enfermedades graves y evita que se contamine el agua y la comida que tomamos. También se evitarán situaciones como las causadas por la energía nuclear y su radiación.

Económicamente, las energías renovables son bastante más baratas que las no renovables, lo que el mayor uso de ellas propiciaría una reducción de precio en la energía global. Según informo la IRENA, en 2020 las energías renovables pasaron a los combustibles fósiles convirtiéndose en la fuente de energía más barata. Esto provoca que los países se centren

más en la producción de este tipo de energías y empiecen a abandonar la producción de otras fuentes energéticas como el carbón, ese mismo año en España el 44% de la energía provenía de las renovables, datos que se espera que crezcan año a año.

España tiene como objetivo que ese 44% crezca todos los años para poder llegar mínimo a que las energías renovables cubran el 74% de la necesidad en 2030. Además, la fácil accesibilidad a estas fuentes de energía va a cambiar la economía de muchos países ya que el 80% son importadores de combustible fósiles, y al poder producir su propia energía se va a disminuir el precio de coste de esta. Este precio no tendrá que depender de otros países y de sus conflictos como pasa ahora con España, que en el gas depende de países como Rusia que se encuentra en un conflicto bélico o Argelia, país con el que se ha diferido en opiniones respecto a diversos temas y ha repercutido en el gas.

Hay muchos tipos de energía renovable como la solar, la eólica, la hidráulica o la biomasa. El rápido crecimiento de las energías renovables se debe sobre todo a la gran cantidad de lugares en los que se pueden encontrar, hay lugares que por su localización geográfica tienen más horas de sol que otros, pero a su vez se da el caso de que algunos tienen más viento que otros, esto permite a cada país obtener su energía de distintas fuentes. En España por ejemplo que carecemos de petróleo, tenemos una gran facilidad para obtener energía eólica y solar.

La AIE ha estimado que desde 2021 hasta 2026 el uso de las energías renovables debería de aumentar en un 50%. En los últimos años la capacidad instalada de energía renovable ha ido creciendo hasta el punto de superar a la no renovable que ha disminuido sus cifras. El caso es que la energía solar y su gran aumento de instalaciones fotovoltaicas tiene una gran relevancia en este incremento debido a que va a contribuir con un 60% de ese 50%.

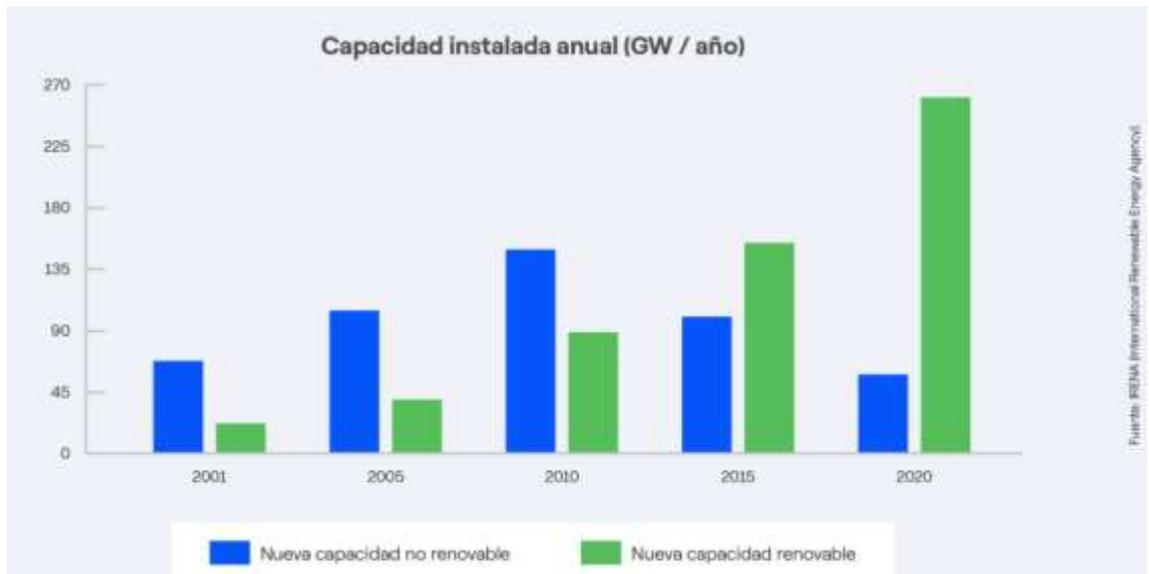


Ilustración 3: Aumento de la capacidad energética mundial. Fuente: Endesa [3.]

En función de la localización y sus características se puede aprovechar un tipo u otro de energía renovable, las más comunes son:

La hidroeléctrica genera casi un 18% de la energía total de España, aunque cada vez va perdiendo valor porque se usan más la eólica o la solar. El problema que tiene es que para producir esta energía hay que construir presas y esto conlleva problemas medioambientales y sociales. Puede afectar a la calidad del agua, tener impacto en la vida marina y en el ecosistema que rodea al río, además se ha dado ocasiones en las que ha afectado a pueblos provocando su desplazamiento, por esto la energía hidroeléctrica está disminuyendo.

La energía eólica, para producirla se utilizan turbinas eólicas que aprovechan el viento para mover sus aspas y así aprovechar el movimiento cinético de estas para convertirlo en energía. Lo bueno de estas turbinas es que se pueden situar tanto en la tierra como en el mar aumentando así las posibles localizaciones. Según los datos de IRENA, la capacidad mundial de generación eólica en las últimas décadas ha aumentado casi en un factor de 100, pasando de valer 7,5GW en el año 2000, a un valor de 733 GW en 2018. Un factor importante en este

crecimiento es la evolución de la turbina en los últimos años mejorando los rotores que tienen y aumentando la altura de la estructura, teniendo así mayores aspas.

Energía geotérmica: para obtener este tipo de energía se utiliza el calor procedente del interior de la tierra, que se puede utilizar para la generación de electricidad y de calor. Esta energía se encuentra en todo el mundo, pero es más accesible en zonas volcánicas y geológicamente activas. Para generar la energía geotérmica se utilizan centrales geotérmicas que mueven turbinas y generan electricidad con vapor o agua caliente. Es costosa de producir por la necesidad de infraestructuras especiales y la exploración de zonas con alta temperatura, pero es una energía muy predecible y constante. Empezó en 1818, cuando Francesco Giacomo decidió utilizar vapor de aguas geotérmicas para calentar las calderas. En la actualidad, con el uso de energía geotérmica se ha construido en Reikiavik el sistema de calefacción más grande del mundo, consiguiendo reducir significativamente las emisiones contaminantes.

Biomasa: Era la fuente de energía más utilizada hasta que se empezó a usar de manera masiva el combustible fósil con la llegada de la revolución industrial. La biomasa es toda la materia orgánica que se pueda utilizar para producir energía, ya sea de fuentes vegetales o animales, y se pueden obtener de la naturaleza o fabricarlas en centrales de biomasa. Según como se utilice la fuente puede generarse electricidad, con la quema de materia en centrales térmicas, producirse biocombustible como el etanol, generar calor con la combustión directa y gas mediante la gasificación. La fuente última de la biomasa es el sol, los animales y los vegetales obtienen energía solar que la transforman en alimento y energía. Como resultado, aparecen subproductos que los seres vivos no utilizan, pero los humanos podemos usarlos para generar energía. Según de donde se obtenga hay distintos tipos de biomasa:

- Biomasa residual: residuos orgánicos como los que producen las personas.
- Biomasa natural: se obtiene directamente de la naturaleza.
- Biomasa producida: Campos de cultivo con la finalidad de obtener energía.

4. ENERGÍA SOLAR Y AUTOCONSUMO

4.1. ENERGÍA SOLAR Y SU EVALUACIÓN VENTAJAS Y DESVENTAJAS FRENTE A OTRAS:

La energía solar como su nombre indica se obtiene del Sol, esto hace que sea una fuente casi ilimitada y abundante en todo el mundo. Es una energía limpia y renovable que se obtiene a través de paneles solares fotovoltaicos y tiene varias ventajas frente a otro tipo de energías.

- Se produce sin emisiones ni contaminantes y no afecta a la salud humana ni al medio ambiente, al contrario que la combustión de fósiles que producen gases que aumentan el efecto invernadero.
- Fuente inagotable y descentralizada, se encuentra en muchos lugares al contrario que otras energías.
- Independencia del mercado de energías, por lo que no es afectado por subidas o bajadas de precio
- Menos inversión debido a que no se tiene que transportar desde sitios lejanos, y su infraestructura es más barata que el de otras.
- Se puede instalar de manera masiva en zonas desérticas y lejos de ciudades al igual que dentro de la propia ciudad en los tejados de los edificios.
- Las instalaciones requieren poco mantenimiento y tienen una vida útil media de 25 años.
- Es un sistema ideal para el uso privado, tanto para viviendas como para la industria

Como todas las energías, tiene ciertas desventajas como por ejemplo que es una fuente intermitente, es decir que no se puede obtener a cualquier hora y se depende del clima, ya que si es de noche o este nublado los paneles no funcionarían. Y su eficiencia depende de la ubicación, en función de la cantidad de radiación que reciba

4.2. AUTOCONSUMO

El autoconsumo: Consumo de bienes o recursos, especialmente agrarios, por parte de quien los produce.

Esto significa que se están usando instalaciones tanto eólicas o solares para generar la electricidad usada en una fábrica en una empresa o en una vivienda. El autoconsumo puede ser de dos tipos en función de cuanto se haya producido y de cuanto se consume, será autoconsumo sin excedentes o con excedentes:

Autoconsumo sin excedentes: esto implica que se está generando la energía necesaria para consumir en cada momento, sin exceder esa necesidad. Es decir, los paneles solares tienen como objetivo producir la energía suficiente para cubrir la demanda en cada momento de la fábrica/vivienda. El objetivo de este tipo de autoconsumo es que el dueño de la planta no gane dinero, sino que este ahorrando, es decir el beneficio de esta situación es el dejar de pagar a una compañía por la energía consumida y no el de obtener una compensación económica por la generación de energía. Como no se busca la generación de excedentes, la instalación es más barata y además requiere un menor mantenimiento ya que no es necesario supervisar los equipos que vierten la energía a la red. A veces se puede dar el caso de que no se esté produciendo la energía necesaria en un momento determinado por lo que se usará la energía de la red, esa si se pagará. Por el contrario, si se está consumiendo menos de lo que se está produciendo se dejara de producir energía hasta que se vuelva a necesitar.

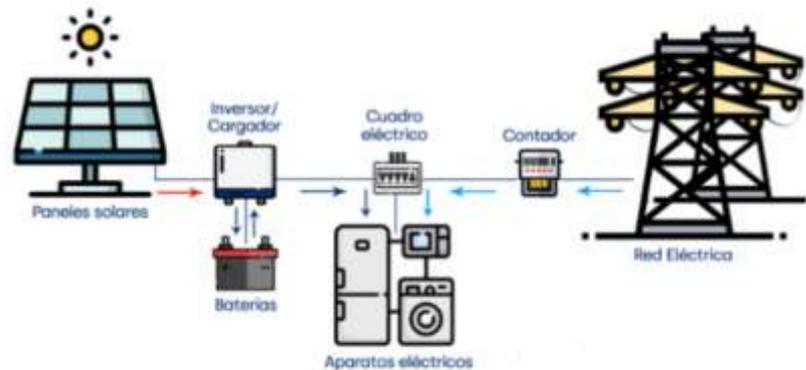


Ilustración 4: Recorrido energía consumida. Fuente: El blog energía [4.]

Autoconsumo con excedentes: Este tipo implica generar la energía necesaria para consumir en cada momento, pero además se está generando electricidad extra que es vertida a la red para que otros usuarios la utilicen. Es decir que los paneles solares van a producir energía suficiente como para satisfacer la demanda, en este caso del edificio, y además energía extra para la red. Los usuarios que tienen esta instalación pueden acogerse al sistema de balance neto, esto es que cuando se vierten excedentes a la red puedes compensarlo con una reducción de las siguientes facturas, dentro de esta opción hay dos variantes. La primera es que al final del periodo de facturación del mes se compensa el valor de la energía vertida a la red en la factura, instalaciones sujetas a compensación. La otra opción es que cuando se vierte energía a la red en ese momento se obtiene un beneficio económico. Esta segunda variante solo lo pueden tener aquellas instalaciones que se consideren productores en el RAIPRE (registro administrativo de autoconsumo solar fotovoltaico). Para poder optar a la compensación de excedentes hay que cumplir ciertas características

- Fuente de origen renovable
- Potencia menor a 100 kW
- Como se dicta en el Real Decreto 244/2019, contar con un contrato único que cubra tanto el consumo principal como el auxiliar, y tener firmado un contrato de compensación.
- Que la instalación no este condicionada a la venta de energía.

Una gran diferencia frente al autoconsumo sin excedente es la inversión necesaria, debido a que se necesita instalar unos equipos especiales para poder volcar la energía extra a la red. Con los equipos se busca tener contabilizada la electricidad que se está vertiendo a la red y que esto se haga de una forma segura y controlada para evitar cualquier tipo de incidentes.

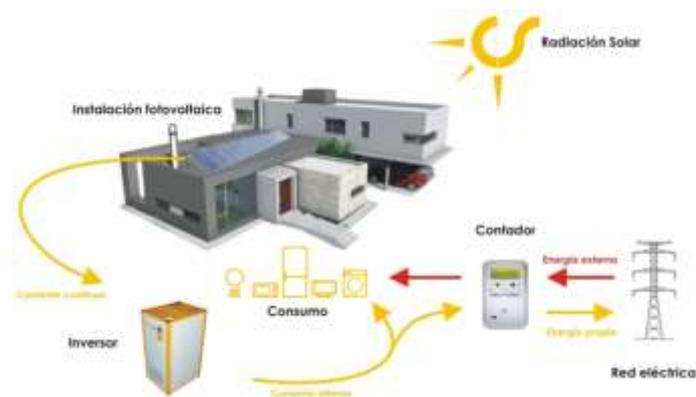


Ilustración 5: Planta con excedentes. Fuente: Novasol [5.]

En resumen, con el autoconsumo sin excedentes se busca abastecer la demanda necesaria del usuario mientras que con el autoconsumo con excedentes se busca producir energía necesaria para el usuario como para vender mediante una mayor inversión previa que se ira compensando con esa venta de energía extra.

4.3. AUTOCONSUMO EN ESPAÑA

El autoconsumo tiene varias ventajas como la reducción en el pago de la factura, la disminución de la huella de carbono, la creación de empleo y la independencia energética de cara al exterior. Por estas razones y otras varias como el acuerdo de Paris de 2015, en España en los últimos años el autoconsumo se ha visto impulsado y apoyado por la regulación

española. El Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, “por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.” (BOE) define el autoconsumo como “el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos”. Es decir que, en el caso a estudiar, se considera autoconsumo ya que se va a obtener la energía de una instalación asociada al edificio.

Cuando hablamos de autoconsumo, la tecnología fotovoltaica va de la mano ya que es la principal causa de que se promueva esta forma de consumo. Los datos de la UNEF (Unión Española Fotovoltaica) demuestran una continua subida en la potencia nueva instalada de autoconsumo a nivel nacional, en el año 2020 se instalaron 596 MW un gran aumento comparado con el año previo 2019 que se instalaron 450MW, pero nada que ver con el cambio de los siguientes años. En 2021 la instalación de potencia nueva aumento un 100%, siendo esta de 1203 MW y en 2022 se repitió el mismo aumento, se generaron 2507 MW lo que implica una subida de un 108% con respecto al año anterior.

Este incremento viene fuertemente apoyado por la ayuda por parte de la legislación ya que se han eliminado muchas barreras de cara a la instalación de paneles solares de autoconsumo. Algo que tuvo mucho efecto en este incremento fue la derogación del “impuesto al sol” que ponía muchos problemas a la hora de desarrollar esta industria e incitar a que la gente usase las placas solares. Este impuesto aprobado en 2015 obligaba a los usuarios que tuviesen placas solares a pagar una cantidad de dinero por estar conectados a la red eléctrica española. Esta cantidad dependía de dos factores, la potencia instalada (solo aplicaba si se usaban baterías de almacenamiento) y de la energía consumida.

Además, con esta derogación se implementaron nuevas leyes que incitaban a las personas a utilizar placas solares, los principales cambios fueron: un proceso administrativo más fácil y rápido, la compensación por la producción de excedentes vertidos a la red, y un incentivo para un autoconsumo en grupo para favorecer a las empresas o a las comunidades de vecinos.

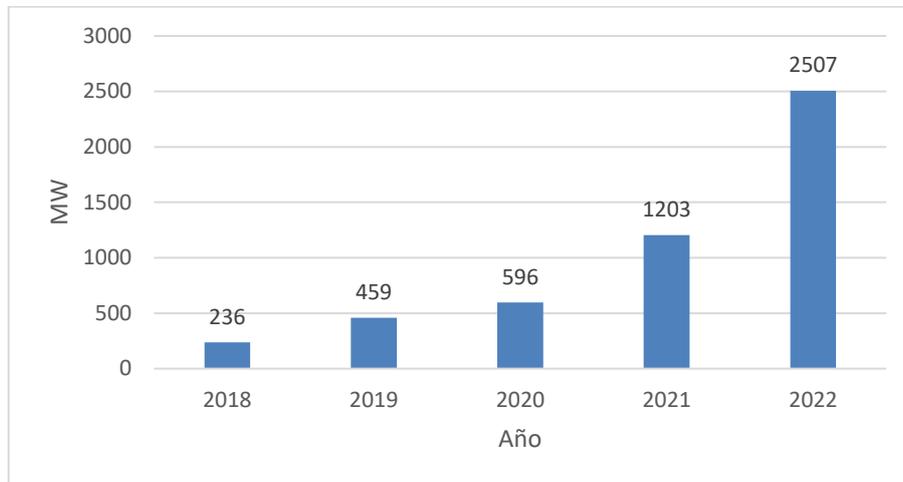


Ilustración 6: Potencia nueva instalada en España. Elaboración propia

Con el avance de estos años ya hay en total 5249 MW de potencia total instalada acumulada de autoconsumo, que está repartido en diferentes sectores. El sector industrial es el que más aporta a este número con un 47%, seguido por el sector residencial con un 32%. Al igual que para el autoconsumo, la potencia fotovoltaica total instalada también ha aumentado llegando a registrar el valor de 19569 MW, lo que representa un 17% de la energía total instalada en 2022. La Hoja de Ruta aprobada por el gobierno espera que en el año 2030 la potencia de autoconsumo instalada sea 9000 MW

4.4. PLAN NACIONAL

El gobierno apuesta por el autoconsumo ya que esto es una pieza fundamental para la descarbonización, y para cumplir los objetivos acordados en París 2015. España tiene ciertas ventajas que le sitúan por delante de otros países de la Unión Europea, especialmente de los recursos renovables que dispone debido a su situación geográfica. Además de la energía solar, España cuenta con fabricantes líderes en este sector, cuenta con grandes empresas ingenieriles, y con importantes fabricantes de turbinas, y con grandes inversores y estructuras fotovoltaicas.

Ante esta situación para tener un control del autoconsumo y del camino a seguir para obtener los objetivos Marcados en 2015 en España se diseñó el Marco Estratégico de Energía y Clima que está formado por varios documentos, entre ellos destacan:

- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021 – 2030.
- Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) 2050.
- Estrategia Nacional de Lucha contra la Pobreza Energética.
- Estrategia de Transición Justa.

El Plan nacional integrado de Energía y Clima, donde se ponen objetivos para España independientes de Europa y lo acordado en París. El PINEC propone como objetivo que en el año 2030 el 42% de la energía usada sea renovable y que en el sector eléctrico este porcentaje sea de un 74%.

Por otro lado, la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo plantea los pasos que se llevarán a cabo entre los años 2030 y 2050, el autoconsumo es un punto clave en esta estrategia futura, basándose en que el sector industrial va a beneficiarse a gran escala de los recursos geográficos del país para poder tener ventajas competitivas frente a otros países que carecen de tan buenos recursos, véase la energía solar.

La Ley 7/2021, publicada el 20 de mayo, establece a nivel legal los objetivos en materia de energía y clima para 2030 y 2050, referentes al Cambio Climático y la Transición Energética. En esta ley se incluyen modificaciones de la Ley de Propiedad Horizontal por parte del Gobierno con el fin de incitar al autoconsumo en la rehabilitación de las viviendas para ofrecer mayores facilidades a la hora de poner instalaciones de autoconsumo en las propiedades.

Por último, la Estrategia de Transición Justa y la Estrategia Nacional de Lucha contra la Pobreza Energética están relacionadas entre sí. La primera establece los mecanismos de ayuda a las zonas que se vean afectadas en el momento de cerrar las instalaciones térmicas,

y la segunda plantea soluciones para los consumidores vulnerables para conseguir bajar las facturas, como la inclusión de baterías de almacenamiento de energía en los sistemas de autoconsumo.

En la comunidad de Madrid se ha desarrollado el PIER, un plan de impulso de energías renovables, en el que se ofrecen ayudas tanto a empresas, particulares, o entidades sin ánimo de lucro. Este programa da ayudas económicas para poder desarrollar proyectos de energías renovables, y así fomentar el uso de estas, no tienen por qué ser proyectos de placas solares, también para la energía eólica.

4.5. SUBVENCIONES

Con la pandemia muchas economías de los países europeos se debilitaron y necesitaban ayuda, para contribuir en la reconstrucción estas se creó el “Next Generation EU”, un plan de recuperación para Europa, que permite a España contar con una gran cantidad de dinero para ayudas. Con el fin de fomentar el uso de la energía renovable y producir nuestra propia energía para el autoconsumo, y así también ayudar a superar la crisis económica que supuso el COVID, en 2021 se aprobó el Real Decreto 477/2021.

En este apartado vamos a estudiar, él cuando, el cómo y el importe de las subvenciones que se han concedido desde la Comunidad de Madrid, así como las ayudas directas, que ha concedido la Unión Europea para las placas fotovoltaicas destinadas al autoconsumo.

Estas ayudas vienen dadas por el Plan Europeo (Next Generation EU) que permitirá que España pueda mover una cantidad de inversiones sin precedentes. Este plan tiene como cabecera, Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia para España.

Este Plan lleva consigo un cambio en estructuras, normativas, inversiones lo que implicará un cambio del modelo productivo.

El decreto 744/2021, de 30 de junio (páginas 77938 a 77998), aprueba la concesión directa de incentivos para el autoconsumo, así como para la implantación de sistemas térmicos renovables para zonas residenciales.

Viendo que este Real Decreto, quedaba muy corto para los proyectos y fines a los que se quería llegar, se dicta un nuevo decreto en mayo de 2022, para hacer más accesible y a mayor número de proyectos las subvenciones que proporciona el Estado por medio de las Comunidades Autónomas.

El decreto 377/2022 del 17 de mayo, amplía los beneficiarios de dichas subvenciones.

- Documento BOE-A-2022-8122

Algunas de las fórmulas que se utilizan para la concesión de subvenciones son_

- El coste subvencionable unitario de generación (Csug), se calculará mediante la siguiente expresión:

$$-Csug = Ceug - Cuf$$

-Ceug: Coste elegible unitario de generación, en €/kW.

-Cuf: Coste unitario de la instalación de referencia en €/kW.

-Ayuda Total de generación= (Módulo generación + Módulo complementario + Módulo adicional de generación) x Ps

Donde Ps es la potencia de la instalación de generación realmente instalada en kW (kWp para solar fotovoltaica), limitada a 5 MW.

Actualmente las subvenciones para las diferentes instalaciones son

| «Actuaciones Subvencionables | Coste subvencionable unitario máximo (Csum) o Coste elegible unitario máximo (Ceum) (€/kW) |
|--|--|
| Instalaciones geotérmicas o hidrotérmicas. | 2.130 |
| Instalaciones aerotérmicas. | 1.130 |
| Instalación Solar Térmica (1). | 1.070 |
| Biomasa Cámara de combustión (2). | 100 |
| Calderas de biomasa y aparatos de calefacción local (2). | 500 |
| Desarrollo de nuevas redes de tuberías de distribución y subestaciones de intercambio o ampliación de existentes para centrales de generación nuevas o existentes (3). | 450» |

Tabla 1: Coste subvencionable unitario

Esta Partida está dotada con 87.350.000 euros, en el Plan para el cuidado del medio ambiente y se pueden solicitar en www.ayudasrenovablesmadrid.com

En algo más de un año, la Comunidad de Madrid ha pasado de un autoconsumo de 75 megavatios a 400 megavatios, el monto total de las ayudas ha sido de 125 millones de euros, que se integran en el Plan de Descarbonización y Cuidado del Medio Ambiente

Las subvenciones que concede la Comunidad de Madrid para la instalación de placas solares se rigen por el siguiente cálculo ($\text{€} * \text{kWp}$), para instalaciones residenciales, existe una subvención de 450 euros por cada KwP.

En nuestro caso el número de KwP es de 8,8 significaría que la subvención sería de 3.960 euros, lo que supone un 26, 4% sobre la inversión total (14.996 euros)

Dicha subvención se tramita a través de la página Inicio - Programa PRAAST Madrid. Energías renovables (ayudasrenovablesmadrid.com) de la Comunidad de Madrid

4.6. MARCO REGULATORIO

- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica
- Real Decreto-ley 17/2019, de 22 de noviembre, por el que se adoptan medidas urgentes para la necesaria adaptación de parámetros retributivos que afectan al sistema eléctrico y por el que se da respuesta al proceso de cese de actividad de centrales térmicas de generación.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética
- Ley 3/2013, de 4 de junio, de creación de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico

- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores
- Real Decreto-ley 1/2019, de 11 de enero, de medidas urgentes para adecuar las competencias de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia a las exigencias derivadas del derecho comunitario en relación con las Directivas 2009/72/CE y 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y del gas natural
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica
- Orden ETU/130/2017, de 17 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables,

cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al semiperiodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2017

- Orden ETU/315/2017, de 6 de abril, por la que se regula el procedimiento de asignación del régimen retributivo específico en la convocatoria para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, convocada al amparo del Real Decreto 359/2017, de 31 de marzo, y se aprueban sus parámetros retributivos
- Orden TEC/1366/2018, de 20 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2019
- Orden TEC/406/2019, de 5 de abril, por la que se establecen orientaciones de política energética a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
- Orden TEC/1258/2019, de 20 de diciembre, por la que se establecen diversos costes regulados del sistema eléctrico para el ejercicio 2020 y se prorrogan los peajes de acceso de energía eléctrica a partir del 1 de enero de 2020
- Orden TED/171/2020, de 24 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al periodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2020.
- Circular 1/2018, de 18 de abril, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se regula la gestión del sistema de garantía de origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia
- Circular 3/2020, de 15 de enero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad

5. PLACAS SOLARES

La primera célula solar se usó en 1883 teniendo un rendimiento de entre 1% y 2%, tuvieron que pasar décadas para poder sacar un mayor provecho a estas placas, en 1960 Herman Leslie Hoffman consiguió un rendimiento de 14%. Lo que hacen estas placas es aprovechar la radiación solar que reciben para producir energía

Primer uso en el año 1958 con el cuarto satélite lanzado al espacio para ponerse en órbita alrededor de la tierra, el Vanguard 1. Se usaron para la batería del satélite ya que esta solo duro 20 días. En 1963 se usó la primera instalación fotovoltaica terrestre, para proporcionar energía a un faro en una isla de Japón. Con el paso del tiempo se fue mejorando la tecnología solar, y se amplió su utilidad, en 1982 se construyó el primer vehículo que funcionaba solo con energía solar y consiguió recorrer todo el continente australiano, además ese mismo año se construyó en California el primer parque solar de la historia con 1MW de capacidad. Al año siguiente, también en California se volvió a hacer otro parque solar el cual era luego a ser 6 veces más potente y estaba compuesto por 100000 paneles.

¿Porque es cada vez más común que las personas instalen paneles solares en sus casas, edificios, oficinas...? Esto es porque es una energía renovable, limpia, con una fácil instalación, y muy barata. Hay otro tipo de energías renovables que no se pueden usar para el autoconsumo porque se necesitan ciertas condiciones específicas, como grandes cantidades de viento o agua, y además las instalaciones son muy caras y voluminosas. A parte, entre la continua subida de precios de la luz, dependiente de la economía y de las empresas eléctricas, y que las personas son cada vez más conscientes de los efectos de la contaminación y del cambio climático, las placas solares se están convirtiendo en una solución muy utilizada.

Las placas solares hacen de intermediario entre el sol y las personas, el sol emite una radiación que llega a la tierra donde es recibida por las placas que la transforman en energía que usamos las personas. Es tan sencillo como suena, no se necesitan grandes construcciones como en las plantas nucleares, ni quema de combustibles, ni produce cambios en el

ecosistema como ocurre con muchos tipos de energías. Las instalaciones de paneles solares varían en función del uso, es decir, no será igual una instalación que va a verter energía a la red, que una instalación de autoconsumo de un edificio ya que variaran en el número de placas necesarias y en el tipo de placas, esto es una ventaja más frente a otro tipo de instalaciones de energía, la adaptabilidad. Otra ventaja que tiene la solar frente a otras energías renovables es que tiene distintos usos, es decir se puede usar para generar electricidad o calor.

Hay dos tipos de paneles solares, por un lado, están los “colectores solares” y por otro los paneles fotovoltaicos. Los primero son los que aprovechan la parte térmica de la energía del sol, con estos lo que se busca es calentar grandes cantidades de agua que luego van a los edificios, a las calefacciones... Los segundos son los que todo el mundo se imagina al pensar en placas o paneles solares, estos son los más habituales, son los que generan electricidad. Las células fotovoltaicas que están instaladas en el panel reciben la luz solar y utilizando un inversor que tienen conectado los paneles, se transforma esta luz para su uso en casa. Para hacer esta transformación se necesita que haya distinta carga en las dos caras del panel, en la parte superior hay carga negativa, y en la posterior carga positiva. La diferencia de tensión creada entre ambas cargas produce corriente continua, el problema con esta es que no sirve ya que la que se utiliza en las viviendas es alterna, por eso se tiene el inversor conectado, para producir el cambio de continua a alterna.



Ilustración 7: Elementos instalación fotovoltaica

5.1. COMPONENTES DE LOS PANELES

Para fabricar las placas se parte de arseniuro de galio o de silicio cristalino, pero para poder mejorar sus propiedades y aumentar su capacidad conductora se crean uniones con boro o fosforo. Esto es necesario porque los paneles están compuestos por células solares que son las que reciben la luz solar y a partir de ella generan la electricidad, por lo que cuanto más conductoras sean mejor. La placa solar consta de tres partes importantes: la estructura, las capas encapsuladas y las células solares

- Estructura y apoyo: es lo que contiene y sujeta el cuerpo de la placa. Según la localización de las placas estas tienen que estar orientadas en un sentido u otro y tener un cierto grado de inclinación para recibir la máxima luz posible, por eso el marco de apoyo que está unido a la estructura de la placa puede variar su inclinación. Las estructuras suelen hacerse de aluminio debido a que es un metal ligero y de larga duración. El marco este hecho también de aluminio y rodea el panel para dar rigidez a la estructura, permite una buena fijación del panel en el soporte
- Vidrio frontal: Una capa de vidrio templado para proteger a las células del clima de la suciedad y el polvo.
- Encapsulante: una capa de polímero que cubre las células, su función es la de proteger los paneles y las células solares de la humedad y envejecimiento. Tienen dos características muy importantes. La primera es que tienen que permitir el paso de la luz para que las células puedan recibirla. La segunda es que son un buen aislante térmica.
- Lamina posterior: Protege a la célula por la parte de detrás.

- Células solares: Es la unidad principal de los paneles, que convierten la luz en electricidad. Suelen estar hechas de silicio, un material semiconductor.
- Inversor: como se ha mencionada previamente este se utiliza para pasar de corriente continua a alterna. La corriente continua tiene una única dirección y el flujo es regular mientras que estos en la alterna varían creando subida y bajadas con picos de tensión. Existen dos tipos de inversores según su uso, por un lado, los de autoconsumo y por otro los que sirven para instalaciones aisladas es decir los que se conectan a baterías para acumular la energía. Estos varían según las características necesarias como la tensión nominal, la capacidad de sobrecarga o la tensión de arranque.



Ilustración 8: Panel solar. Fuente: Factorenergia [6.]

5.2. TIPOS DE PLACAS SOLARES

Hay distintos tipos de paneles en función de su composición, monocristalinos, policristalinos o de capa fina:

- Los monocristalinos son los más eficientes de todos y los más duraderos, pero a su vez los más caros. Están compuestos por monocristales de silicio es decir las células

solares están compuestas por una única célula de silicio y son de color muy oscuro, se diferencian por sus esquinas redondeadas. Al ser cristales individuales es más fácil que los electrones se muevan por ellos, de ahí la mayor eficiencia frente a los otros

- Los policristalinos: al contrario que los anteriores se componen por células policristalinas que le dan un color más azulado, son menos eficientes, pero tan bien más baratas. Al no estar compuestos por un monocristal, tienden a ser más grandes que los paneles monocristalinos, y debido a su constitución los electrones se mueven con mayor dificultad ante estos. En cambio, si son mejores que los monocristalinos en temperaturas altas, debido a que su rendimiento baja menos
- De capa fina: como su nombre indica son más finos que los dos modelos anteriores, esto hace que sean más flexibles y su instalación se más sencilla. Son de color negro sin contorno y son las más baratas de todas. Debido a su gran tamaño se usan para grandes instalaciones como las industriales o de servicios públicos. Son las más raras de ver en casas y edificios por el tamaño y por su bajo rendimiento, la menos eficiente de las tres.

5.3. TIPOS DE INSTALACIONES

Según como sea la instalación de los paneles solares se pueden diferenciar distintos tipos, los dos principales son, las instalaciones que se conectan a la red y las que están aisladas de ella.

- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red: este tipo de instalaciones son aquellas que vierten a la red la energía que producen. Mediante el inversor convierten la corriente continua obtenida de la energía solar en corriente alterna para poder verterla a la red y que así pueda llegar hasta las empresas y los hogares. Este tipo de instalaciones son instalaciones con excedentes, es decir, si se consume menos de lo

producido, se puede recibir beneficios fiscales por verter ese extra de energía a la red. Una ventaja que tiene este tipo de instalaciones es la reducción de sus costes. En un informe de IRENA, (Renewable Power Generation Cost in 2020) exponen que en la última década se ha reducido un 85% los costes de estas instalaciones, lo que promueve que más empresas se decanten por este tipo de instalaciones y de energía.

- **Sistemas autónomos:** también se conocen como sistemas fotovoltaicos desconectados de la red. Este tipo de sistemas como su nombre indica no se conectan a la red, ya sea por el difícil acceso a ella, o por su elevado coste. En caso de no usar toda la energía producida no se podrá verter a la red, para resolver este problema se hace uso de baterías de almacenamiento que guardan ese extra de energía. Cuando el panel recibe la energía solar la transforma en corriente continua y esta se almacena en las baterías, una vez se va a usar es cuando pasa por el inversor para obtener la corriente alterna y así poder usarla en nuestras casas. La “simplicidad” de estos sistemas es una buena opción para zonas rurales, o países menos desarrollados.
- **Otros tipos de sistemas (flotantes y móviles):** En los últimos años se ha empezado a desarrollar sistemas flotantes que se instalan generalmente en presas y lagos. Estos tienen la ventaja de poder instalarse en zonas en las que el terreno no sea el más adecuado, o que haya poco terreno, además de que usan el agua como refrigerante natural, este tipo de sistemas tiene a ser un poco más eficiente. Los sistemas móviles se utilizan para dar energía a equipos que no tienen una fuente fija, por ejemplo, un coche eléctrico. El problema de estos es su fabricación por el tamaño y el peso, aunque tienen la ventaja de una buena portabilidad.

6. EMPLAZAMIENTO:

6.1. RAZÓN

Se ha escogido este edificio porque es donde yo resido. Estos últimos años he visto de primera mano cómo ha afectado la subida de los precios en las facturas a pagar en la comunidad, e implantar paneles solares en la azotea podría hacer de este edificio autosuficiente consiguiendo así una reducción de costes en la comunidad. Es un edificio que en los alrededores no tiene ningún edificio muy alto que le tape la luz del sol durante mucho tiempo, por lo que es idóneo para las placas. Además, el hecho de vivir aquí facilita la obtención de datos.

6.2. LOCALIZACIÓN DE EMPLAZAMIENTO.

Las placas que se van a instalar se situaran en el tejado de un edificio en Pinar de Chamartín, Madrid

- Dirección: Calle Caleruega 11,
- Código Postal: 28033
- Provincia: Madrid
- Coordenadas: 40.4776°, -3.6700°.

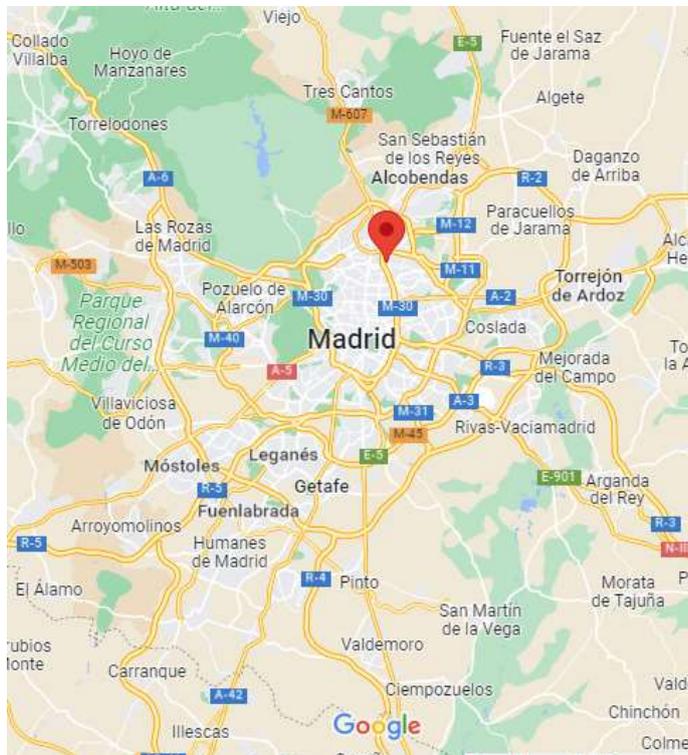


Ilustración 9: Situación geográfica del edificio. Fuente: Google Maps

6.3. DATOS DEL EDIFICIO

El edificio está dividido en dos zonas, en un lado hay dos viviendas y en el otro cuatro. Tiene 7 plantas con una parcela de 560m². La azotea está dividida en dos partes donde se instalarán los paneles, y solo tiene una zona con sombra. Como se puede ver en la segunda imagen, la sombra se produce por zona de acceso a la azotea, esta zona no se tendrá en cuenta para la instalación de los paneles porque es la menos eficiente. Con un buen estudio de las sombras producidas por la entrada y posibles sombras pequeñas producidas en momentos puntuales de los edificios colindantes se podrá obtener la posición de los paneles para un aprovechamiento del 100%

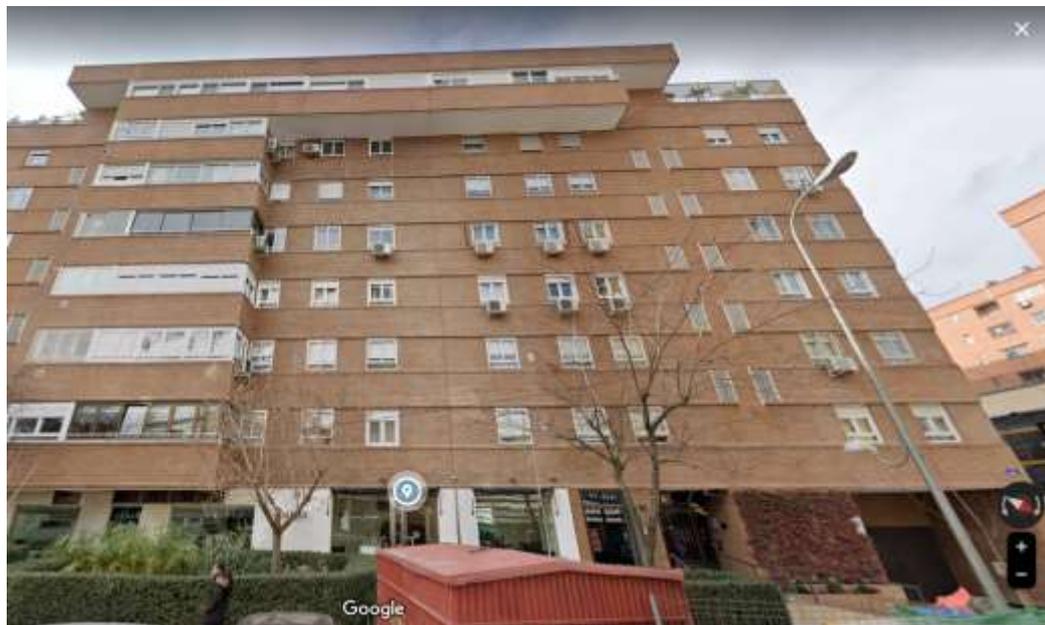


Ilustración 10: Vista de la calle del edificio. Fuente Google Maps

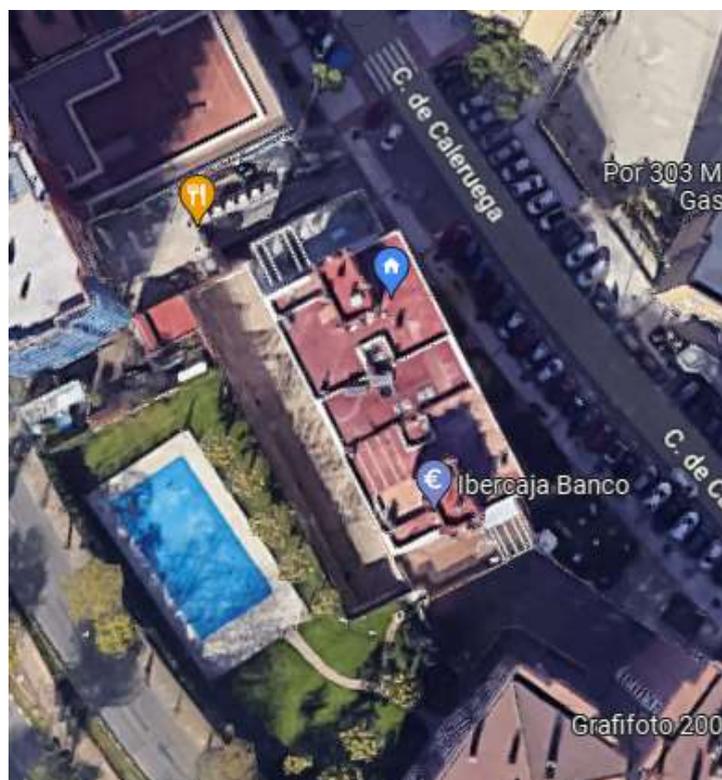


Ilustración 11: Vista aérea del edificio. Fuente Google Maps

6.4. DATOS CLIMÁTICOS GENÉRICOS DE LA ZONA.

El clima en la Comunidad de Madrid es muy favorable para utilización de placas solares, en comparación con otras Comunidades Autónomas, donde el número de horas de luz solar es mucho menor. En Madrid el número de horas anuales de sol es de 2.691, en cambio en Asturias es de 1962. La diferencia es muy grande, para poder aprovechar esa ventaja. La época más fría abarca de finales de noviembre a principios de marzo, tienen una temperatura media menor a los 10 grados, siendo el más frío enero, con una mínima de 1° y una máxima de 10°. La época calurosa dura unos tres meses de junio a septiembre, Julio tiende a ser el mes más caluroso con una temperatura promedio máxima de 33°.

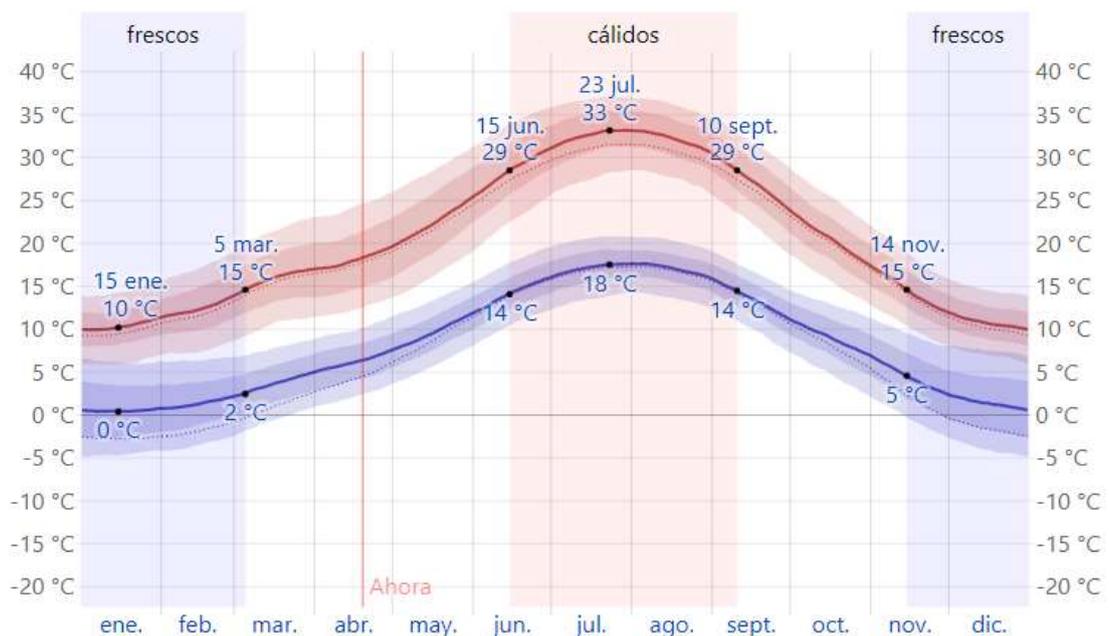


Ilustración 12: Temperaturas máximas y mínimas promedio de Madrid (datos de 2015-2023, fuente Weatherspark) [7.]

En cuanto a las horas de sol en Madrid, la media ronda en 12,2 horas de sol al día, durante los meses de invierno baja a una media de 9,9, y durante el verano esta cifra aumenta bastante hasta las 14,5 horas.



Ilustración 13: Horas de luz solar promedio de Madrid (datos de 2015-2023, fuente Weatherspark) [7.]

7. CONSUMO

El fin de este trabajo es conseguir la mayor autosuficiencia en la comunidad, es decir que con la energía producida en las placas solares se abastezca el máximo consumo posible de energía de las zonas comunes y del garaje de la comunidad. Como legalmente son dos “comunidades” distintas y tienen distintas facturas, se propondrán dos soluciones. La primera será solo para la comunidad y la segunda para la comunidad y el garaje, por eso se analiza el consumo común y también el de la comunidad sola. No se entrará en el consumo individual de cada vivienda y estudiará usando los datos de consumo desde marzo 2022 hasta febrero del 2023.

Datos de contrato del Edificio:

- Comercializadora: Endesa S.A.U.
- Peaje de transporte y distribución: 3.0TD
- Contrato de mercado libre: Tempo Open
- Potencia Contratada (kW):
 - Pot. P1 = 3kW
 - Pot. P2 = 3kW
 - Pot. P3 = 3kW
 - Pot. P4 = 3kW
 - Pot. P5 = 3kW
 - Pot. P6 = 15,001kW

Datos de contrato del Garaje:

- Comercializadora: Endesa S.A.U.
- Distribuidora: Unión Fenosa Distribución S.A
- Peaje de transporte y distribución: 2.0TD
- Contrato de mercado libre: Tempo 24 horas
- Potencia Contratada (kW):
 - Punta = 13,856kW
 - Valle = 13,856kW

Los datos de consumo y las facturas de la comunidad y del garaje son independientes, pero para el análisis del proyecto común se tendrán en cuenta como un conjunto, para así facilitar los cálculos y el estudio de la instalación necesaria para abastecer al edificio como conjunto.

Consumo de la comunidad:

| Comunidad | |
|--------------|-------------|
| Mes | Consumo kWh |
| Abril | 580 |
| Mayo | 599 |
| Junio | 541 |
| Julio | 337 |
| Agosto | 525 |
| Septiembre | 537 |
| Octubre | 603 |
| Noviembre | 596 |
| Diciembre | 616 |
| Enero | 596 |
| Febrero | 473 |
| Marzo | 633 |
| Total | 6638 |

Tabla 2: Consumo de la comunidad



Ilustración 14: Consumo de la comunidad. Elaboración propia

Consumo del garaje:

| Garaje | |
|--------------|-------------|
| Mes | Consumo kWh |
| Abril | 632 |
| Mayo | 649 |
| Junio | 589 |
| Julio | 467 |
| Agosto | 573 |
| Septiembre | 493 |
| Octubre | 681 |
| Noviembre | 560 |
| Diciembre | 701 |
| Enero | 654 |
| Febrero | 518 |
| Marzo | 690 |
| Total | 7208 |

Tabla 3: Consumo del garaje

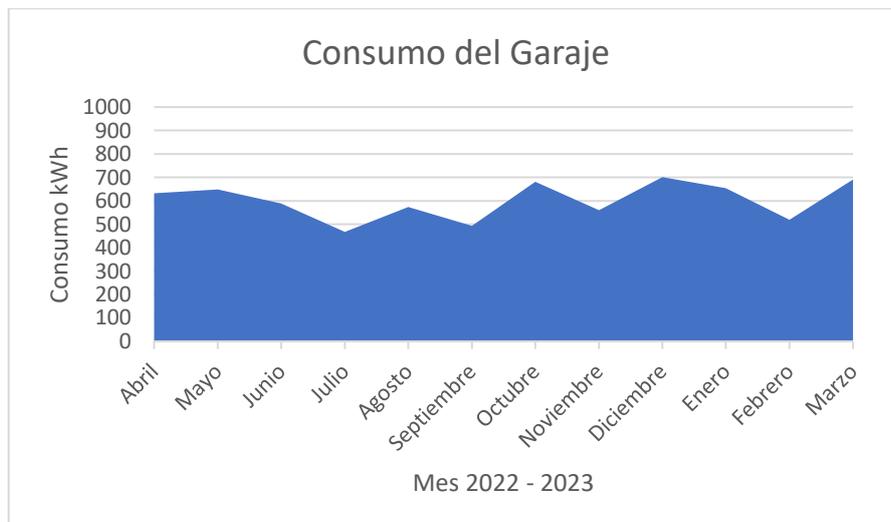


Ilustración 15: Consumo del garaje. Elaboración propia

Consumo total del edificio:

| Edificio | |
|--------------|--------------|
| Mes | Consumo kWh |
| Abril | 1212 |
| Mayo | 1248 |
| Junio | 1130 |
| Julio | 804 |
| Agosto | 1098 |
| Septiembre | 1030 |
| Octubre | 1284 |
| Noviembre | 1156 |
| Diciembre | 1317 |
| Enero | 1252 |
| Febrero | 992 |
| Marzo | 1323 |
| Total | 13846 |

Tabla 4: Consumo del edificio



Ilustración 16: Consumo del edificio. Elaboración propia

Teniendo en cuenta los distintos precios durante el paso de los meses y la energía consumida por ambas partes, la factura resumida entre octubre de 2022 y septiembre de 2023:

- Comunidad de vecinos:
 - Energía consumida: 6638,02 kWh
 - Precio total pagado: 1869,05€
 - Precio medio: 0,2815 €

- Conjunto (comunidad + garaje):
 - Energía consumida: 13846,002 kWh
 - Precio total pagado: 3863,44€
 - Precio medio: 0,2790 €

Para entender el consumo que tiene este edificio hay que analizar también el consumo diario, Figura X. Esta comunidad cambió hace unos años el sistema de alumbrado por lo que las bombillas de los pasillos de los pisos y algunas del bajo se alumbran mediante detección de movimiento, por este motivo el consumo durante las 21 horas y las 6 de la mañana es mucho más bajo, ya que hay menos movimiento de personas. Alrededor de las 18 horas es el pico de consumo, entendible si se asume que es la hora media a la que los niños y adultos vuelven a casa. Por el otro lado, el garaje sigue el mismo tipo de comportamiento debido a que este también tiene el mismo tipo de iluminación por movimiento. El consumo del garaje sigue la misma curva que la de la comunidad, y por ende la suma de los dos también tendrá la misma distribución.

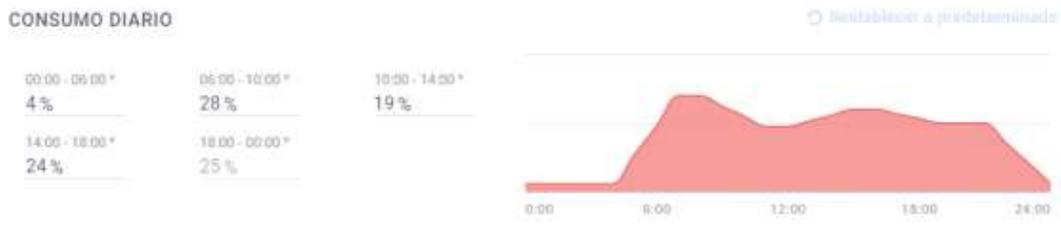


Ilustración 17: Distribución del consumo horario de la comunidad. Fuente SolarEdge

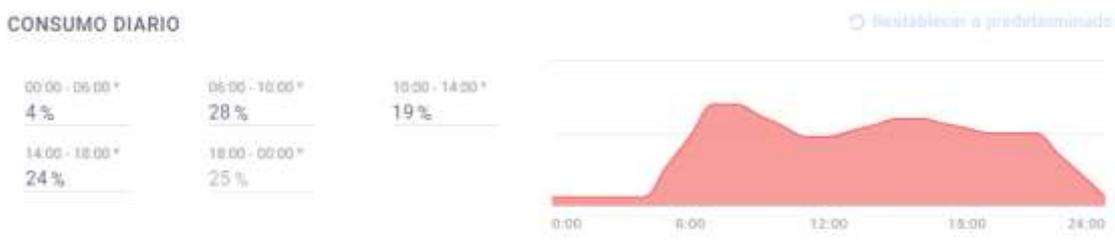


Ilustración 18: Distribución del consumo horario de la comunidad y el garaje. Fente SolarEdge

8. EVALUACIÓN SOLAR DEL EDIFICIO

El Sol emite una energía electromagnética que se llama radiación solar, esta energía llega a través del espacio en forma de calor y luz a la Tierra. La radiación solar se forma a través de una fusión nuclear. Los átomos de hidrógeno se fusionan dentro del núcleo del sol, forman átomos de helio y emiten cantidades enormes de energía en forma de radiación. La radiación tarda aproximadamente 8 minutos en llegar hasta la Tierra, su velocidad es la misma que la luz 299.792.458 metros por segundo.

La radiación se emite con distintas longitudes de onda por lo que se puede dividir en tres tipos distintos:

- **Radiación ultravioleta:** de los tres tipos es la que tiene la longitud de onda más corta, más corta incluso que la luz visible. Esta radiación es dañina para los ojos y la piel si estamos expuestos a ella durante mucho tiempo. Gran parte de la radiación ultravioleta es absorbida por la capa de ozono.

- Radiación infrarroja: es la radiación con mayor longitud de onda de las tres, es la responsable del calor que sentimos en la Tierra. Los gases absorben parte de esta radiación creando lo que se conoce como efecto invernadero de la Tierra, lo cual nos beneficia porque así se mantiene la temperatura promedio.
- Radiación visible: es la luz emitida por el Sol que podemos ver. Dentro de esta radiación hay distintas longitudes de onda y energía lo que da vida a los colores.

Para saber la cantidad de energía solar que se recibe en un lugar específico en un momento dado, aparece el término “irradiancia solar”. Es la unidad de medida para la cantidad de energía solar por unidad de área, es decir vatios por metro cuadrado (W/m^2). No toda la radiación solar que llega a la atmosfera llega también a la tierra y los océanos, esta pasa por un proceso en el que se debilita. Esta disminución ocurre en función de lo que debilite la radiación, se llama reflexión cuando es por las nubes, dispersión por aerosoles y absorción por gases. La irradiación varía en función de distintos factores como la latitud la altitud o la estación climática. Los lugares con mejor irradiación solar son los más cercanos al ecuador porque los rayos son más perpendiculares a la Tierra.



Ilustración 19: Porcentaje de radiación que llega a la Tierra. Fuente: Energética Futura [8.]

Para el estudio de la radiación en el edificio se va a hacer uso del programa PVsyst, un programa que se utiliza para el diseño de instalaciones solares. Uno de los primeros pasos que hay que hacer es elegir las coordenadas del lugar y que tipo de base de datos queremos usar, esto nos dará unos resultados diferentes en función de la base que se elija, pero no varían mucho entre sí. Las bases de datos disponibles son:

- **Meteonorm:** una de las bases de datos más completa de mercado, obtiene la información de cinco satélites distintos además de usar ocho mil estaciones meteorológicas distribuidas por todo el mundo. Este software también funciona midiendo los aerosoles y puede conseguir datos climáticos de hasta minutos. Entre las distintas variables que mide están la radiación tanto directa como difusa y global, la temperatura el viento y la humedad. Los datos se van guardando y actualizando en cada momento, de esta forma es posible sacar datos desde el año 2000.
- **NASA SEE:** esta base de datos es la que utiliza la NASA por lo que cuenta con una gran cantidad de satélites que proporcionan una gran cantidad de datos. Aunque esta base tiene un problema y es que funciona dividiendo la Tierra en regiones de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitud/longitud, lo que implica que los datos se están dando para regiones muy amplias por lo que pueden no ser exactos. En una zona como la de nuestro estudio no tiene mucho inconveniente porque es una ciudad, pero en otros lugares puede no ser exactos ya que puede estar afectado por montañas o el mar.
- **PVGIS:** obtiene datos a partir de las imágenes de satélite y así sacar la radiación solar de distintos lugares, también tiene un modelo de cálculo climático para los valores de la temperatura y el viento. Este sistema es bastante fiable y está respaldado por la unión europea para que cualquier persona pueda obtener los datos necesarios para instalar un equipo fotovoltaico.

Un ejemplo de cómo queda la información proporcionada por una base de datos es la siguiente tabla obtenida a partir de Meteonorm

| | Irradiación horizontal global kWh/m ² /mes | Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /mes | Temperatura °C | Velocidad del viento m/s | Turbidez Linke [-] | Humedad relativa % |
|------------|---|---|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero | 65.4 | 23.5 | 6.0 | 2.70 | 2.399 | 69.6 |
| Febrero | 88.9 | 30.2 | 7.2 | 3.09 | 2.541 | 62.6 |
| Marzo | 137.7 | 46.4 | 10.7 | 3.40 | 2.898 | 55.3 |
| Abril | 171.2 | 61.4 | 13.2 | 3.30 | 2.927 | 55.0 |
| Mayo | 206.6 | 75.3 | 18.0 | 2.90 | 3.052 | 47.2 |
| Junio | 229.7 | 67.4 | 24.0 | 3.00 | 3.043 | 38.3 |
| Julio | 243.0 | 53.3 | 27.4 | 3.10 | 2.826 | 33.6 |
| Agosto | 212.8 | 55.2 | 26.9 | 2.90 | 2.901 | 35.0 |
| Septiembre | 158.1 | 47.9 | 21.6 | 2.50 | 2.840 | 43.6 |
| Octubre | 111.7 | 40.6 | 16.1 | 2.39 | 2.751 | 57.3 |
| Noviembre | 72.7 | 24.6 | 9.5 | 2.70 | 2.520 | 67.6 |
| Diciembre | 57.9 | 22.7 | 6.5 | 2.29 | 2.421 | 70.5 |
| Año | 1755.7 | 548.4 | 15.6 | 2.9 | 2.760 | 53.0 |

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 4.5%

Tabla 5: Datos Meteonorm 8.1

Cada una de las bases de datos proporciona unos valores distintos, pero no muy dispares. Para la obtención de resultados se ha calculado la media de las tres bases de datos, pero para la realización de los futuros cálculos se usará la base de datos de Meteonorm, debido a que PVsyst te obliga a seleccionar una única base de datos.

9. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

En este apartado se va a realizar el estudio de la planta, se usará el programa PVsyst y se irán explicando los distintos pasos que se toman y el porqué de ellos. A parte se ha usado el programa SolarEdge para el apoyo en alguno de los puntos como es la visualización grafica de la planta.

Para poder comenzar a usar el programa de PVsyst lo primero que se ha de hacer es seleccionar el tipo de instalación que se desea hacer, hay distintos tipos: conectada a la red, bombeo, independiente. También está la opción de utilidades que sirve para buscar herramientas base de datos... En este proyecto se va a realizar una instalación conectada a la red.

9.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

El primer paso al abrir un nuevo proyecto es la selección del sitio geográfico, para ello hay una opción que abre un mapamundi para seleccionar el lugar exacto.

| | Decimal | | Grad. | Min. | Seg. | |
|--------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Latitud | <input type="text" value="40.4776"/> | [°] | <input type="text" value="40"/> | <input type="text" value="28"/> | <input type="text" value="39"/> | (+ = Norte, - = Hemisferio Sur) |
| Longitud | <input type="text" value="-3.6702"/> | [°] | <input type="text" value="-3"/> | <input type="text" value="40"/> | <input type="text" value="12"/> | (+ = Este, - = Oeste de Greenwich) |
| Altitud | <input type="text" value="740"/> | | M por encima del nivel del mar | | | |
| Zona horaria | <input type="text" value="1.0"/> | ^ v | Corresponde a una diferencia promedio | | | |

Ilustración 20: Coordenadas del emplazamiento en PVsyst

Con la localización seleccionada se obtiene el recorrido solar, es decir la altura del sol y su trayectoria a lo largo del día, (*Ilustración 22*). Además, aquí es donde se elige que base de datos de las comentadas previamente se quiere utilizar, en este caso se será el Meteonorm 8.1 y se obtienen los datos de meteo (*Ilustración 23*).

Trayectorias solares en Caleruega 11, (Lat. 40.4775° N, long. -3.6701° W, alt. 740 m) - Hora Legal

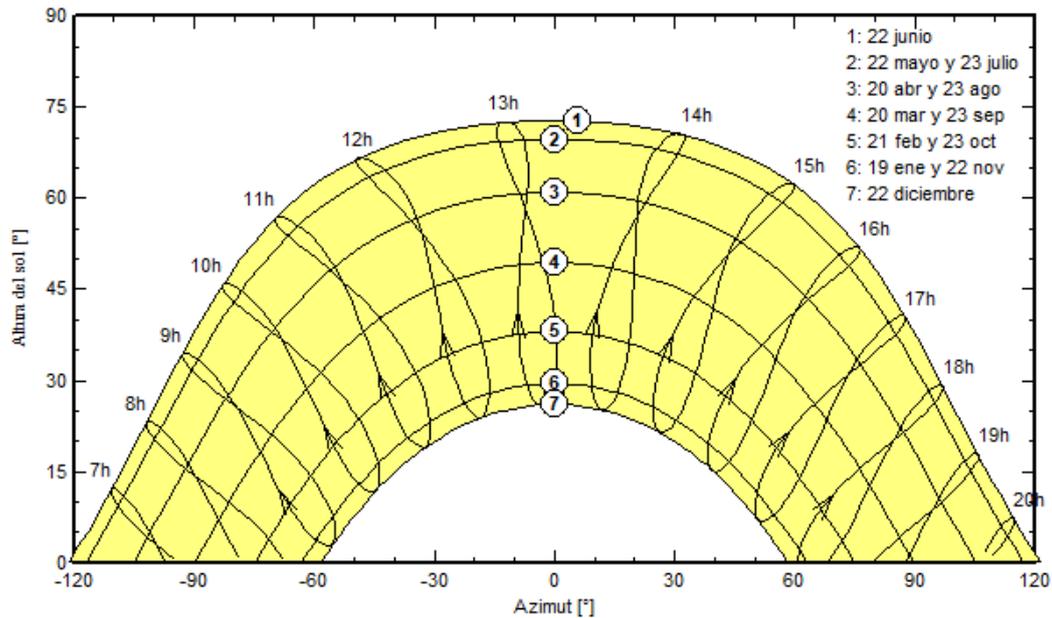


Ilustración 21: Trayectoria solar en Caleruega 11. Fuente PVsyst

| | Irradiación horizontal global | Irradiación difusa horizontal | Temperatura | Velocidad del viento | Turbidez Linke | Humedad relativa |
|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | kWh/m ² /mes | kWh/m ² /mes | °C | m/s | [-] | % |
| Enero | 65.4 | 23.5 | 6.0 | 2.70 | 2.399 | 69.6 |
| Febrero | 88.9 | 30.2 | 7.2 | 3.09 | 2.541 | 62.6 |
| Marzo | 137.7 | 46.4 | 10.7 | 3.40 | 2.898 | 55.3 |
| Abril | 171.2 | 61.4 | 13.2 | 3.30 | 2.927 | 55.0 |
| Mayo | 206.6 | 75.3 | 18.0 | 2.90 | 3.052 | 47.2 |
| Junio | 229.7 | 67.4 | 24.0 | 3.00 | 3.043 | 38.3 |
| Julio | 243.0 | 53.3 | 27.4 | 3.10 | 2.826 | 33.6 |
| Agosto | 212.8 | 55.2 | 26.9 | 2.90 | 2.901 | 35.0 |
| Septiembre | 158.1 | 47.9 | 21.6 | 2.50 | 2.840 | 43.6 |
| Octubre | 111.7 | 40.6 | 16.1 | 2.39 | 2.751 | 57.3 |
| Noviembre | 72.7 | 24.6 | 9.5 | 2.70 | 2.520 | 67.6 |
| Diciembre | 57.9 | 22.7 | 6.5 | 2.29 | 2.421 | 70.5 |
| Año | 1755.7 | 548.4 | 15.6 | 2.9 | 2.760 | 53.0 |

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 4.5%

Tabla 6: Datos generados por PVsyst de la base de datos Meteonorm 8.1

9.2. ORIENTACIÓN DEL PLANO:

La orientación del plano se refiere a cómo van a estar orientados los paneles solares en el tejado del edificio. Esto es un parámetro muy importante ya que influye en el rendimiento de las placas porque en función de hacia donde estén apuntando podrán recibir más o menos radiación. PVsyst da la opción de distintos tipos de planos por lo que se usará un plano inclinado fijo que estará orientado hacia el sur. Un valor para la inclinación del plano suele ser 30° por lo que es el que se ha seleccionado. También se tienen otras opciones como planos de seguimiento doble eje que rotaran en función de la trayectoria del sol, o de inclinación estacional es decir que se cambia la inclinación de los paneles en función de la estación del año. No se han elegido este tipo de planos porque traen un coste muy superior a los de orientación fija.

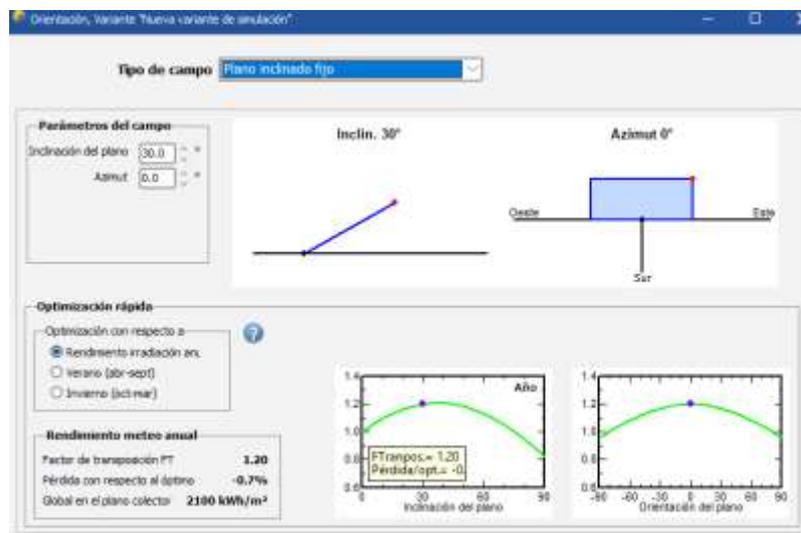


Ilustración 22: Diseño de orientación PVsyst. Fuente PVsyst

También se tiene la opción de poder diseñar un diseño de 3D para añadir sombreados cercanos, ya que se podría dar la situación que hubiese edificios altos que tapasen el tejando (este punto se explica más adelante). Para demostrar una imagen de como quedarían estos paneles con la orientación elegida, hacia el sur, se ha usado el programa SolarEdge que da la opción de sacar una imagen directa de Google Maps y dibujar sobre ella.



Ilustración 23: Diseño de las placas, radiación sobre el tejado, fuente: SolarEdge

Por último, se puede ver el apartado de horizonte donde se pueden introducir las sombras del horizonte, aunque en este caso no hay ninguno

9.3. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE RED:

El siguiente paso para seguir es el más importante de todos ya que es en este en el que se va a diseñar el sistema, es decir los módulos los inversores... La pantalla que se muestra es la siguiente.

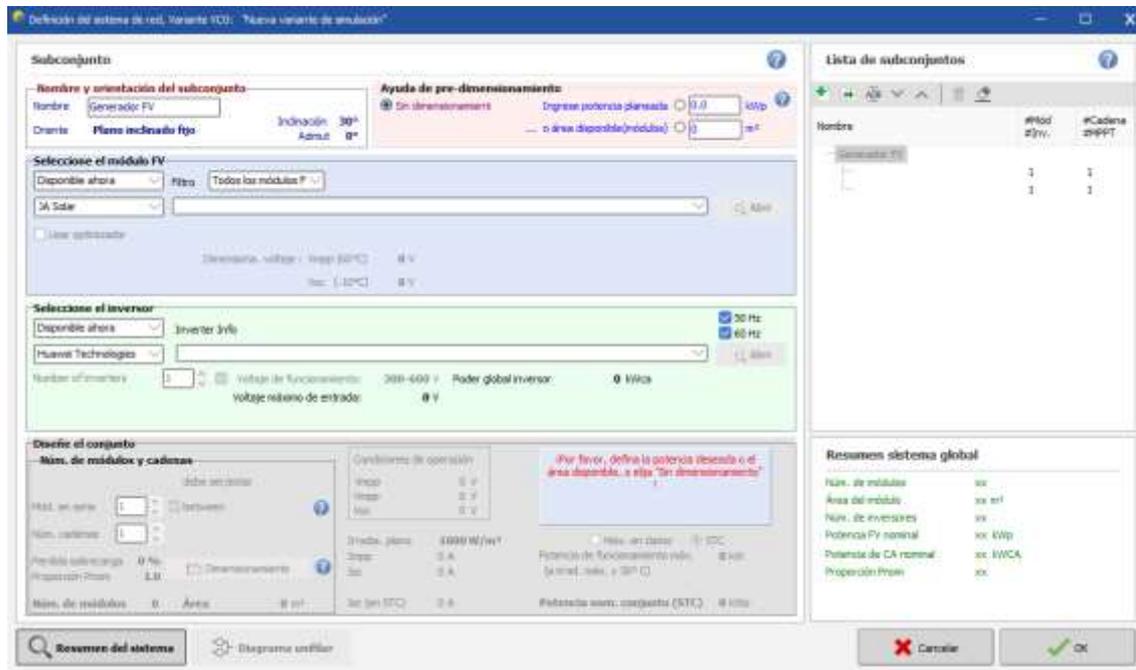
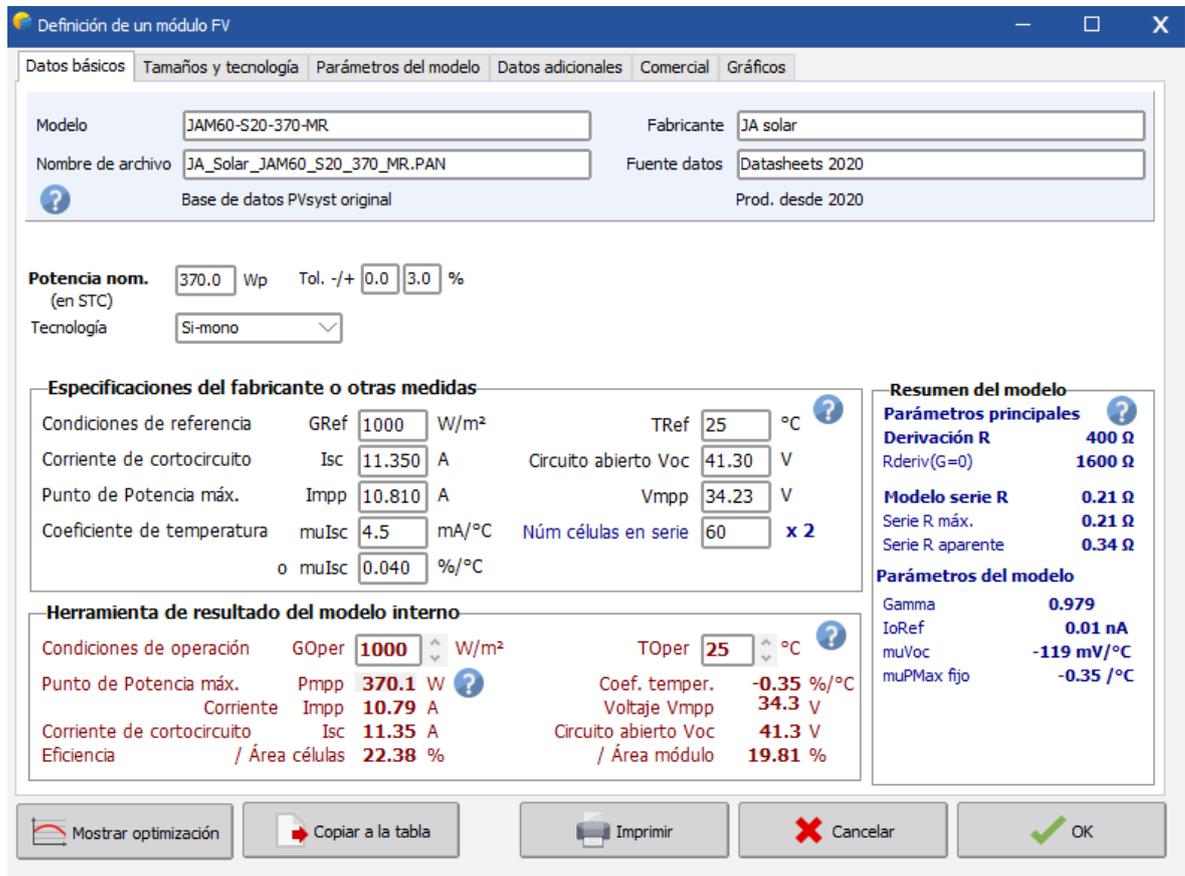


Ilustración 24: Pestaña de diseño del sistema de red. Fuente PVsyst

Se tienen que rellenar varios campos:

- Nombre del subconjunto.
- Seleccione el módulo FV

Cuando se selecciona el módulo depende de lo que se haya seleccionado antes, es decir, si se ha seleccionado un plano fijo todos los módulos y orientaciones serán igual, el caso estudiado, pero cabe la posibilidad de que si se seleccionan varias orientaciones se puedan elegir distintos módulos y valores. PVsyst cuenta con una base de datos muy grande de distintas marcas y modelos de módulos, marcas como: JA Solar, Hyundai, Auxin Solar.... Para esta instalación se van a usar unos módulos de tipo JA Solar 60S20 de 370Wp Full black (**JAM60-S20-370-MR**) que tiene las siguientes características:



Definición de un módulo FV

Datos básicos | Tamaños y tecnología | Parámetros del modelo | Datos adicionales | Comercial | Gráficos

Modelo: JAM60-S20-370-MR Fabricante: JA solar
 Nombre de archivo: JA_Solar_JAM60_S20_370_MR.PAN Fuente datos: Datasheets 2020
 Base de datos PVsyst original Prod. desde 2020

Potencia nom. (en STC): 370.0 Wp Tol. +/-: 0.0 3.0 %
 Tecnología: Si-mono

Especificaciones del fabricante o otras medidas

| | | | | | | |
|----------------------------|---------|--------|------------------|----------------------|-------|-----|
| Condiciones de referencia | GRef | 1000 | W/m ² | TRef | 25 | °C |
| Corriente de cortocircuito | Isc | 11.350 | A | Circuito abierto Voc | 41.30 | V |
| Punto de Potencia máx. | Impp | 10.810 | A | Vmpp | 34.23 | V |
| Coeficiente de temperatura | muIsc | 4.5 | mA/°C | Núm células en serie | 60 | x 2 |
| | o muIsc | 0.040 | %/°C | | | |

Herramienta de resultado del modelo interno

| | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|-------|------------------|----------------------|--------------|------|---|
| Condiciones de operación | GOper | 1000 | W/m ² | TOper | 25 | °C | |
| Punto de Potencia máx. | Pmpp | 370.1 | W | Coef. temper. | -0.35 | %/°C | |
| | Corriente | Impp | 10.79 | A | Voltaje Vmpp | 34.3 | V |
| Corriente de cortocircuito | Isc | 11.35 | A | Circuito abierto Voc | 41.3 | V | |
| Eficiencia | / Área células | 22.38 | % | / Área módulo | 19.81 | % | |

Resumen del modelo

Parámetros principales

| | |
|-----------------------|---------------|
| Derivación R | 400 Ω |
| Rderiv(G=0) | 1600 Ω |
| Modelo serie R | 0.21 Ω |
| Serie R máx. | 0.21 Ω |
| Serie R aparente | 0.34 Ω |

Parámetros del modelo

| | |
|-------------|------------|
| Gamma | 0.979 |
| IoRef | 0.01 nA |
| muVoc | -119 mV/°C |
| muPMax fijo | -0.35 /°C |

Mostrar optimización | Copiar a la tabla | Imprimir | Cancelar | OK

Ilustración 25: Datos del módulo en PVsyst.

- Seleccione el inversor:

Al igual que en la selección de módulos PVsyst cuenta también con una gran base de marcas de inversores, de entre todas ellas se va a seleccionar la marca Huawei Technologies, y entre todos ellos se utilizará el modelo SUN2000-8KTL-M1 que tiene las siguientes características:

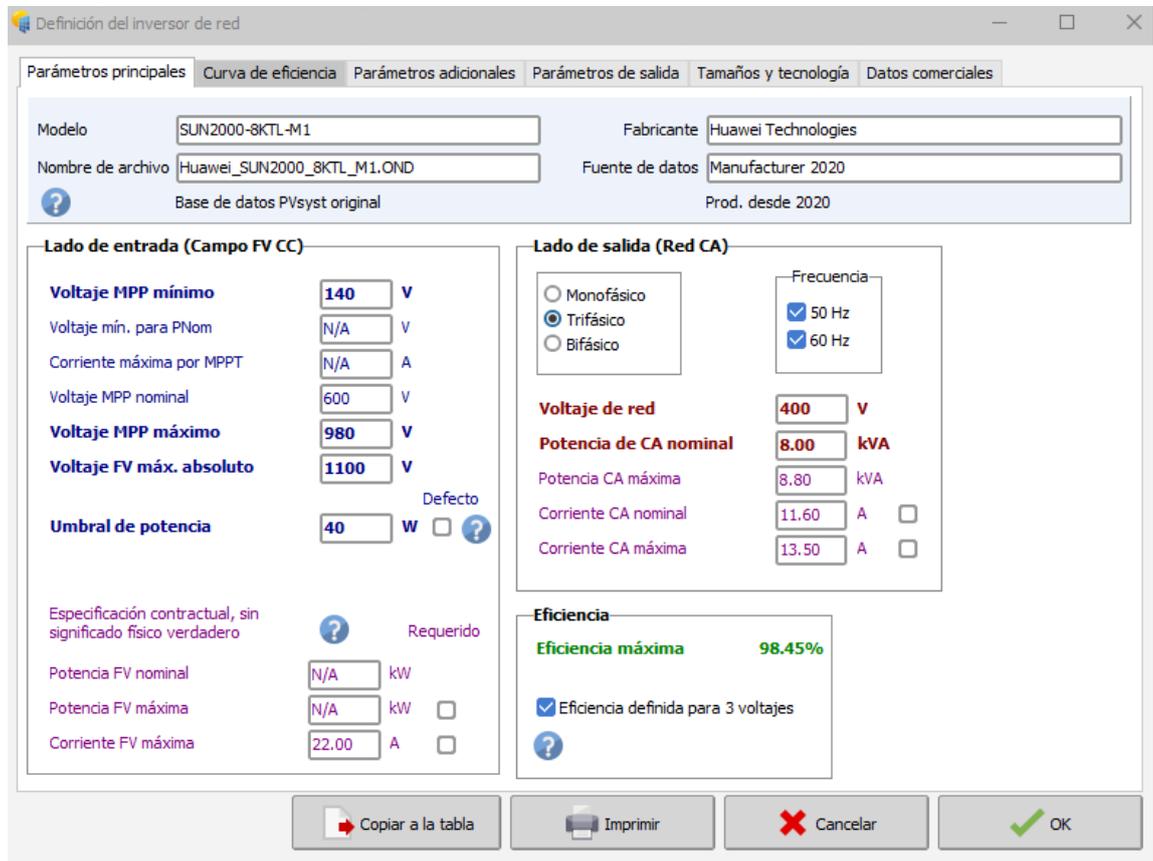


Ilustración 26: Datos del inversor en PVsyst.

- **Diseño el conjunto:**

En este último apartado se tiene que diseñar lo que es el sistema en sí, es decir el número de módulos en serie y número de cadenas. En función de los valores que se elijan aquí y del número de inversores (uno en este proyecto) se obtendrán unos u otros resultados. Se han seleccionado 12 módulos en serie con un número de cadenas igual a 2, dando, así como resultado 24 módulos en total y un área de 45m² como conjunto de instalación, aunque estarán distribuidos por el tejado. Con este sistema se consigue una potencia nominal de 8,9 kWp, una potencia de CA nominal de 8,0 kWCA, y una proporción de Pnom de 1,11.

9.4. PERDIDAS

- Parámetro térmico

La pérdida por calor es un factor muy importante a la hora de calcular la producción de los paneles, durante la simulación el programa utiliza una temperatura media de 25°C. Pero la realidad no es siempre así además que el parámetro térmico también puede variar con la velocidad del viento, esto es porque la pérdida de calor es convectiva por lo que es sensible a la circulación del aire por el campo

$$U = U_c + U_v * V_{viento}$$

Debido a que el factor de pérdida del viento es un parámetro difícil de calcular y muy inestable debido a que depende de la velocidad de este, el programa asume como 0 este factor de pérdida del viento U_v . PVsyst ante esta situación decide poner un factor constante de pérdidas $U_c=20W/m^2K$.

- Pérdidas óhmicas:

Tanto en la parte de corriente continua como en la de corriente alterna hay pérdidas tiene por defecto ciertos valores:

Para la parte de corriente continua el programa asume por defecto un valor de 1,5% STC para todos los proyectos, aunque este valor puede ser cambiado si el consumidor lo decide

Las pérdidas en el circuito de CA vienen determinadas por la distancia del inversor al punto de inyección y por la sección de los cables. Para este proyecto se ha decidido que el inversor estará en el cuarto de motores de los ascensores porque el cuarto de contadores tiene escasa cobertura de datos. Sabiendo que se encuentra en la planta de arriba la distancia entre el inversor y el punto de inyección es de 30m lo que provoca una fracción de pérdida en STC de 1,23%

- Pérdidas por la calidad del módulo:

Estos parámetros vienen determinados por defecto en función de los módulos seleccionados, como es algo que calcula el programa internamente con su base de datos es recomendable no cambiar estos valores.

| | |
|--|--|
| <p>Calidad del módulo defecto ?</p> <p>Pérdida de eficiencia módulo <input type="text" value="-0.8"/> % <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Desviación de la eficiencia media efectiva del módulo con respecto a las especificaciones del fabricante.</p> <p>(valor negativo indica exceso de rendimiento)</p> | <p>Pérdidas de desajuste de módulo defecto ?</p> <p>Pérdida de potencia en MPP <input type="text" value="2.0"/> % <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Computación detallada</p> |
| <p>LID - Degradación Inducida por Luz defecto ?</p> <p>Factor de pérdidas LID <input type="text" value="0.0"/> % <input type="checkbox"/></p> <p>Degradación de los módulos de silicio cristalino en las primeras horas de funcionamiento con respecto a los valores STC de prueba flash de fabricación</p> | <p>Desajuste de voltaje de las cadenas defecto ?</p> <p>Pérdida de potencia en MPP <input type="text" value="0.15"/> % <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Estudio detallado</p> |

Ilustración 27: Pérdidas calidad de modulo, Fuente PVsyst

- Pérdidas IAM:

Estas pérdidas vienen determinadas en función del ángulo de incidencia, y está representado en una gráfica:

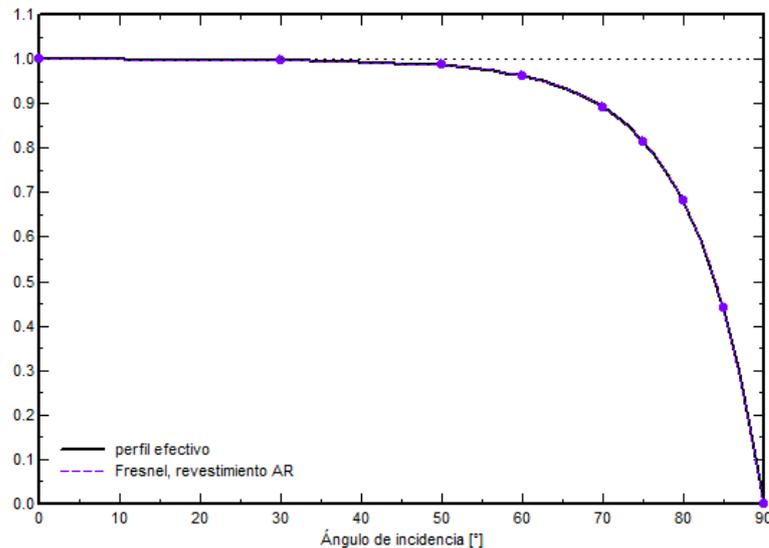


Ilustración 28: Perdidas IAM, Fuente PVsyst

- Perdidas por suciedad:

Este es otro parámetro que se tiene en cuenta al calcular el rendimiento de la instalación pero que también se recomienda no tocar y usar el calculado por el propio programa que es de un 3%

- Perdidas por envejecimiento:

Los paneles solares como cualquier otra cosa van bajando su rendimiento con el paso del tiempo. PVsyst con los datos proporcionados por el fabricante hace un cálculo de cómo va a ser el rendimiento del módulo seleccionado con el paso de los años que se le estipulen. Una vida útil común en los paneles solares es de unos 25 años

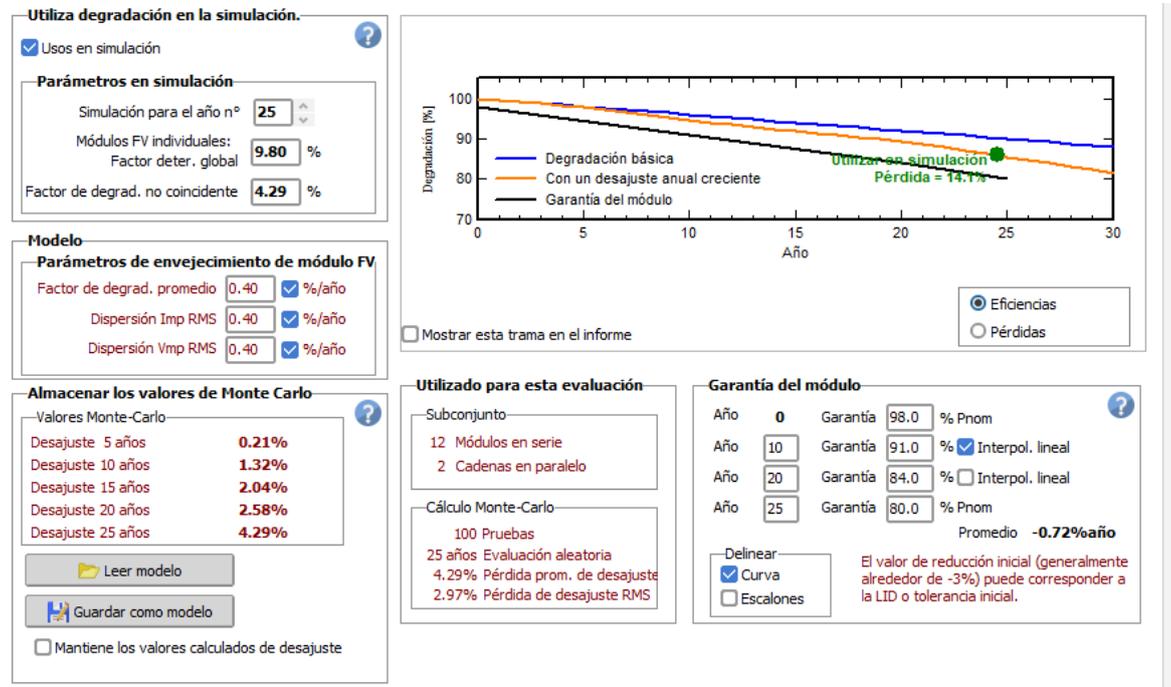


Ilustración 29: Perdidas por envejecimiento (25 años), Fuente PVsyst

- Perdidas por indisponibilidad:

Para acercar la simulación a la realidad hay que tener en cuenta que los paneles no funcionan a todas horas los 365 días del año, porque pueden haber caídas del sistema o por temas de mantenimiento etc. Al igual que en los otros apartados PVsyst ofrece un valor medio de días en los que no está disponible la instalación, esto es de un 2% es decir 7,3 días al año.

9.5. AUTOCONSUMO

En este apartado se estudia las características generales del autoconsumo, y hay varias formas de introducir los datos, desde perfiles diarios, mediante archivos csv... En este caso se va a utilizar valores mensuales que se han sacado de las facturas del último año proporcionadas por la comunidad, teniendo un consumo total entre la comunidad de vecinos y el garaje de 13846 kWh. Una vez se ha introducido el consumo el programa podrá calcular

la energía producida por la planta y cuanto ahorro se producirá. La tabla de consumos introducida es la siguiente:

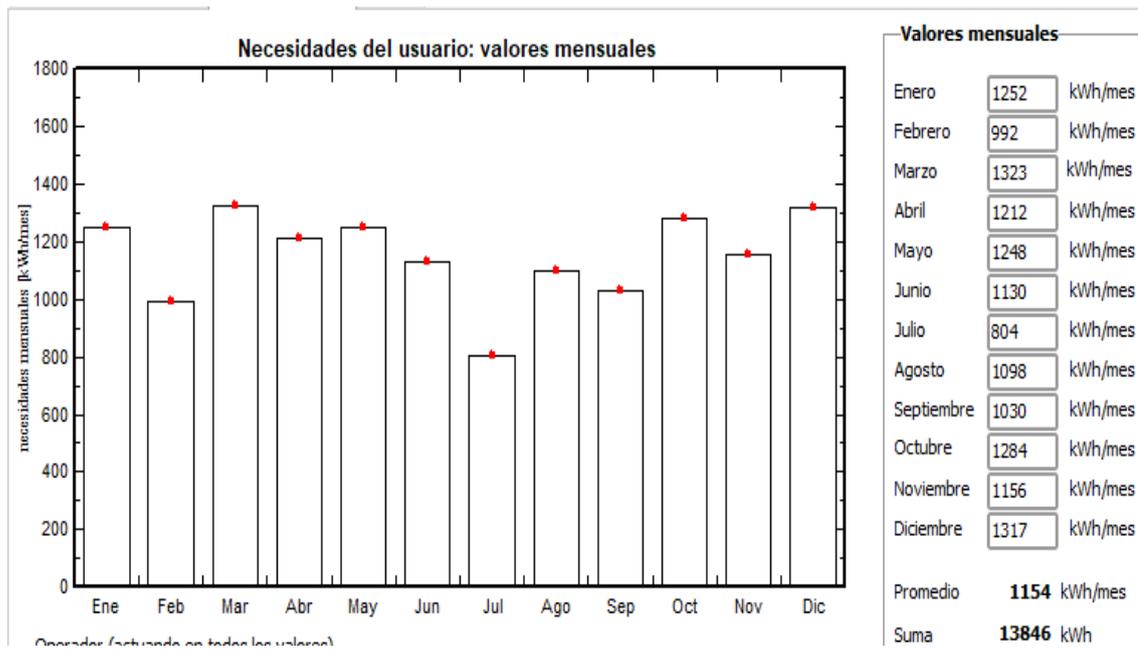


Ilustración 30: Valores mensuales de consumo. Fuente PVsyst

9.6. PARÁMETROS OPCIONALES

Una vez definidos los parámetros principales del sistema se da la opción de aplicar unos parámetros especiales. En primer lugar, está el parámetro del “Horizonte”, esto permite definir de forma más específica la localización geográfica para estudiar posibles pérdidas ajenas a la instalación. Como su nombre indica son pérdidas por posibles obstáculos en el horizonte es decir que en vez de tener en cuenta la sombra de un árbol se puede tener en cuenta la posibilidad de que haya una montaña que afecta a la cantidad de luz solar recibida si por ejemplo se estuviese estudiando una casa en la ladera de dicha montaña. La segunda opción es más específica, “Sombreados cercanos”, en este apartado se tiene la posibilidad de dibujar o importar en 3D un diseño del edificio/emplazamiento, y

objetos cercanos que puedan causar sombras. En este proyecto en particular no se ha usado esto porque no hay ningún edificio o árbol lo suficientemente alto alrededor como para poder causar sombras en el tejado, de haberlo se podría introducir aquí y PVsyst tendría en cuenta las sobras causadas por este.

Estos dos parámetros son muy clave a la hora del diseño de una instalación porque cuando se tienen varias placas conectadas en serie, todas producen lo mismo. Si un módulo de un panel está cubierto por una sombra, estará produciendo menos, y por el ende todos los módulos que estén en serie también trabajarán como si estuviesen bajo la misma sombra, reduciendo considerablemente la producción de la instalación.

9.7. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

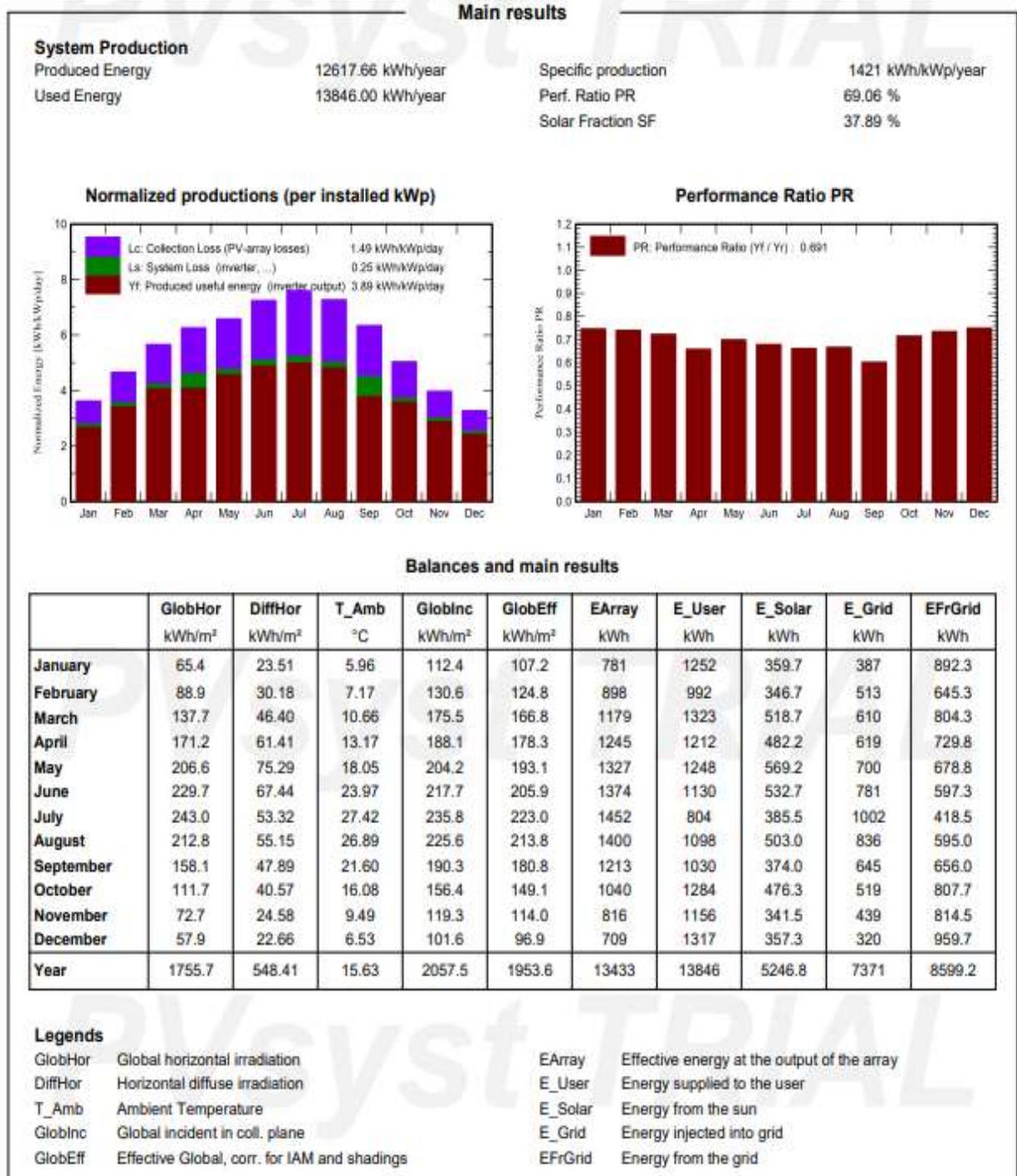


Ilustración 31: Resultados de la simulación en PVsyst

Una vez realizada la simulación PVsyst genera varias tablas de resultados, expuestas en anexos, entre las que cabe resaltar el resumen de resultados. En esta imagen el dato más importante es el primero que aparece de la producción, 12617kWh, una energía usada de 13846kWh, y una ratio de performance de 69%.

El grafico de la izquierda representa lo que pasa con la energía en cada mes del año y está dividido en tres colores. El color rojo representa la energía final a la salida del inversor después de las pérdidas, la energía real. El color verde representa pérdidas por rendimiento, al final se está estudiando una instalación real por lo que no es idílica y no va a tener un 100% de rendimiento. Por último, el color azul es la suma de pérdidas totales, suciedad, pérdidas óhmicas...

Otra tabla que destaca en el informe generado por PVsyst es el diagrama de Sankley de la instalación en el que aparecen los valores de las pérdidas mencionadas anteriormente, cuanta energía se acaba utilizando y si es necesaria energía de fuera que en este caso lo es.

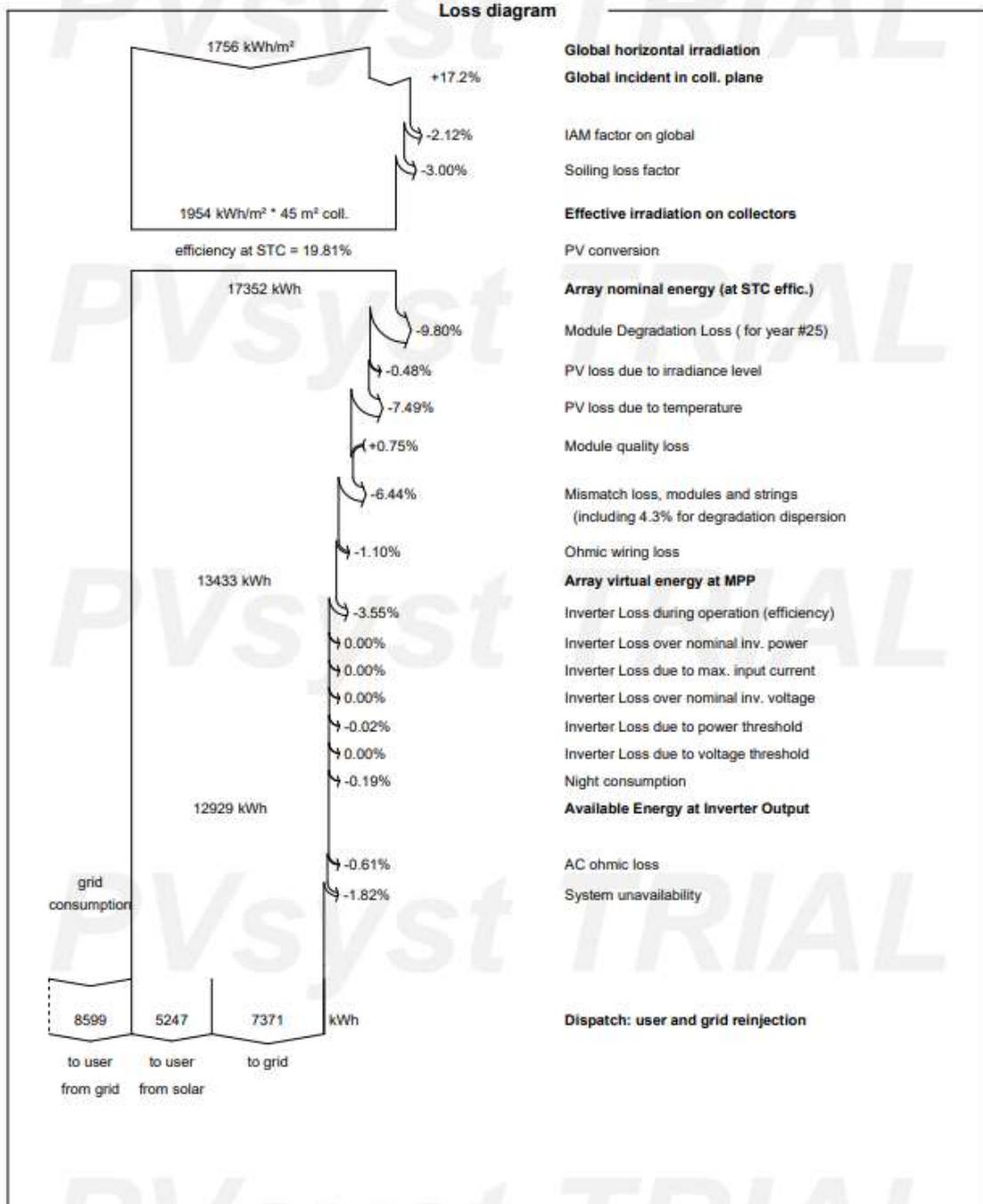


Ilustración 32: Diagrama de Shankely de la simulación, Fuente PVsyst

Performance Ratio:

Teniendo en cuenta todas estas pérdidas que va a tener la instalación a lo largo del proceso, representadas en el diagrama, se obtiene un rendimiento de la instalación de 69%, que comparado con otras instalaciones observadas es un valor coherente, está en la media, por lo que se puede afirmar que es una instalación que se podría llevar a cabo, y que los datos obtenidos son realistas

Como se puede ver al final del diagrama hay bastante energía que se da a la red y aun así se solicita energía a ella. Esto es porque hay en momentos del día en los que se puede estar generando más de lo que se está consumiendo por lo que se estaría dando energía a la red, pero por la noche pasa lo contrario que al no generarse energía y no tener baterías de almacenamiento se tiene que tirar de la red eléctrica. Como se puede ver en el siguiente grafico en los meses de invierno que hay menos sol es cuando más electricidad se va usa de la red mientras que los meses de verano al haber más horas de sol se genera más de lo necesario.



Ilustración 33: Comparación generación con consumo. Fuente SolarEdge.

10. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA:

10.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Como en todo proyecto de ingeniería, aparte de buscar el funcionamiento de dicho proyecto también se busca la seguridad de las personas por eso se incluirán elementos necesarios para evitar daños, además de tener en cuenta esto a la hora de diseñar la instalación, véase donde colocar el inversor.

Una vez seleccionado la zona donde se van a instalar los paneles se comenzará la instalación y el montaje. Debido a la estructura que tienen los paneles, estarán fijos en todo momento, y con la orientación estudiada previamente, para asegurar el máximo rendimiento. En esta posición los paneles recibirán la luz del sol y la transforman en corriente continua en su salida.

Para poder utilizar esta corriente hay que transformarla en corriente alterna, para lo que se usaran los inversores que están conectados a las placas. La instalación del inversor será en el cuarto de motor del ascensor en la planta de arriba, esto es por la escasa cobertura en el cuarto de contadores. Este inyectará la corriente directamente al cuadro de electricidad del edificio.

Para evitar mucha distorsión de la estética de la fachada, el cableado de la corriente continua se realizará por los canalones ya existentes, y se pegaran a la fachada de la vivienda dejándolo ver lo menos posible. Por su parte, lo correspondiente a la corriente alterna, ira por un tubo ya existente desde la planta de arriba hasta el cuadro de contadores del edificio.

10.2. PANELES INSTALADOS

Los paneles que se van a utilizar para esta instalación son los **JAM60-S20-370-MR**, unos paneles de silicio monocristalino. JA Solar, asegura que sus módulos tienen una vida útil de 25 años, y con un seguro de la mitad de los años, 12, además garantiza que las placas siempre van a tener un rendimiento mínimo del 85%, en el apartado de pérdidas para la simulación se puede apreciar que cuando se estudia el envejecimiento en el año 20 se está asumiendo

todavía un 84% de rendimiento. Se han elegido estas placas debido a las necesidades de la comunidad, y del terreno que se disponía. En total la configuración cuenta con 24 módulos divididos en dos zonas de 2x3, dos zonas de 2x2 y otras dos zonas de 2x1.

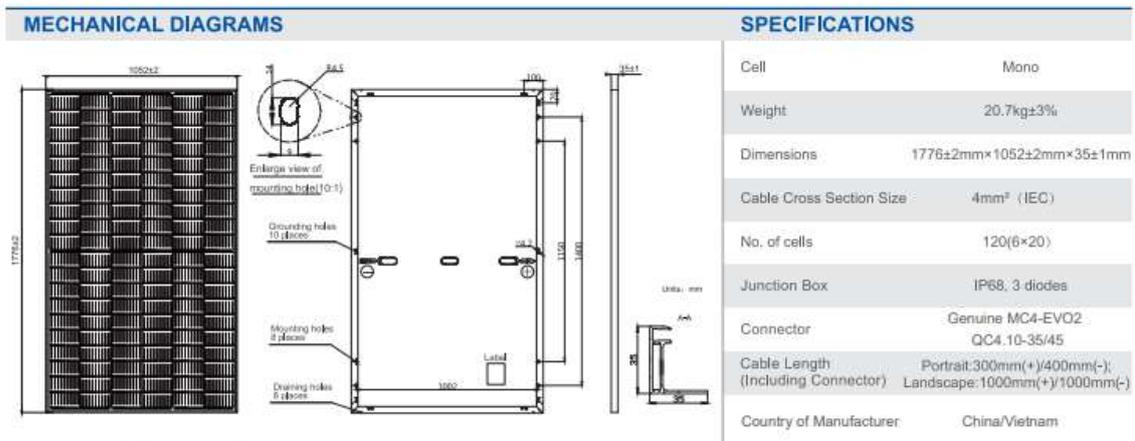


Ilustración 34: Diseño y características del módulo, JA Solar

| Parametro electricos JAM60S20 de 370 W | |
|--|---------------------------------|
| Maximun Power (Pmax)W | 370.0 |
| Open Circuit Voltage (Voc)V | 41.3 |
| Maximun Power Voltage (Vmp)V | 34.23 |
| Short Circuit Current (Isc)A | 11.35 |
| Maximun Power Current (Imp)A | 10.81 |
| Module Efficiency | 19.8 |
| Power Tolerance | 0+5W |
| Temperature Coefficient of Pmax (γ_{Pmp}) | +0.044%/°C |
| Temperature Coefficient of Voc (β_{Voc}) | -0.272%/°C |
| Temperature Coefficient of Isc (α_{Isc}) | -0.350%/°C |
| STC | Irradiance 1000W/m ² |

Tabla 7: Parámetros eléctricos del módulo JAM60S20

10.3. INVERSORES INSTALADOS

Debido al espacio y a la localización del cuarto de contadores, el inversor se ha instalado en la planta superior del edificio. Este sistema se encarga de convertir la corriente continua de las placas en alterna para así poder inyectarla a la red o al uso del edificio, y por ello tiene que cumplir ciertas características, y así funcionar con las placas que tenemos. Este modelo de inversor solar de Huawei es específico para instalaciones residenciales de autoconsumo debido a su reducido tamaño frente a otros del mercado, y tiene una fácil instalación. Lo bueno de tener un único inversor string es que es una opción económica y normalizada, si hay errores será fácil encontrarlos y tiene un mantenimiento sencillo. Como se trata de una vivienda que recibe sol durante todo el día sin tener sombras que obstaculicen, un inversor es suficiente, si por el contrario fuese una instalación donde las sombras son un gran factor y en función de la hora del día trabajan unas u otras placas, si fuese necesario poner más inversores. Esto es porque un inversor en cadena produce tanta electricidad como el módulo que menos produzca, por eso es tan importante el estudio de posibles sombras. Además de su función principal el inversor tiene otras funciones secundarias, y actúa cuando la instalación tiene distintos defectos como pueden ser tensiones fuera de rango, intensidades del FV bajas, o temperaturas altas por sobrecargas

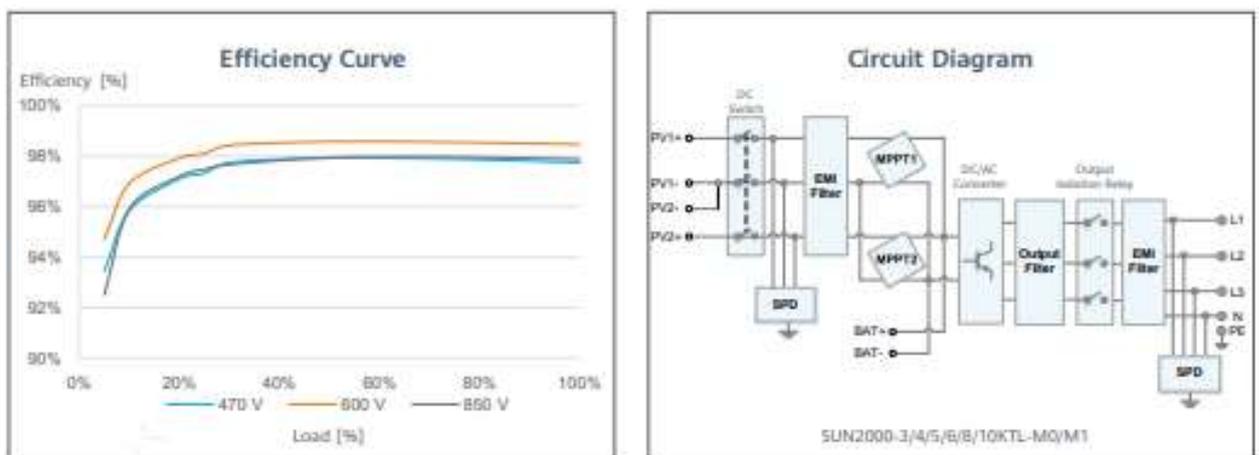


Ilustración 35: curva de eficiencia y diagrama del inversor: SUN2000-4KTL M1

| Parametro electricos SUN2000-8KTL M1 | |
|--------------------------------------|---|
| Dimensiones mm | 525x470x166 |
| Peso kg | 17.0 |
| Eficiencia Max. | 98.5% |
| Tensión máxima de entrada V | 1000.0 |
| Tensión MPPT V | 200-950 |
| Max Intensidad Cortocircuito MPPT A | 25 |
| Tensión nominal entrada V | 620.0 |
| Max Potencia aparente CA, kVA | 8,8 |
| Potencia nominal activa de CA, kW | 8.0 |
| Tensión nominal salida, V | 220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE |
| Max. Intensidad salida, A | 13.4 |

Tabla 8: Parámetros del inversor SUN2000-8KTL M1

A parte de las características eléctricas del inversor también se debe de tener en cuenta otros factores como su rendimiento. Este es la capacidad para poder transformar la corriente continua que le llega en corriente alterna, el rendimiento de este inversor es del 98,6%. Otro dato interesante es la vida útil, que el fabricante asegura diez años.

10.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Para poder asegurar la seguridad en este proyecto hay que tener en cuenta la división de este en dos partes, por un lado, la parte de corriente continua y por otro lado la parte de corriente alterna

El lado de corriente continua incluye tanto las placas como el cableado hasta la entrada del inversor, en el polo positivo de los distintos paneles se incorporará un seccionador, que facilita las posibles tareas de mantenimiento. Para evitar problemas en caso de un contacto infortunio las partes metálicas de los cuadros eléctricos irán conectadas a tierra. En esta zona de la instalación también se tiene que prever las posibles sobreintensidades, por lo que se instalaran fusibles específicos por si se diese dicha situación.

Al igual que en la zona de corriente continua, la parte de corriente alterna también tendrá protecciones en caso de un posible contacto directo de una persona con la instalación por lo que se instalaran interruptores diferenciales. También se puede dar el caso de sobre intensidades por lo que se contara con interruptores magnetotérmicos.

Además de la protección adicional incluida, la propia instalación tiene sus propias protecciones, estas vienen por parte del inversor que actuara como protección en ciertas circunstancias, ya sea corrigiendo el error o cortando directamente el suministro. Las circunstancias en las que actuaría son:

- Temperaturas elevadas
- Frecuencias fuera del rango 49-51 Hz
- Tensiones fuera del rango de trabajo

10.5. PUESTA A TIERRA

Como su nombre indica es la conexión de la instalación a la tierra, es una forma de seguridad para las personas que hace que la diferencia de potencial al tocar el elemento sea cero y evitar así una descarga eléctrica. La instalación debe cumplir con las directrices de la ITC-BT-18, en relación con la puesta a tierra. Además, la instalación tiene que tener su propia toma de tierra independiente a la toma de tierra de la distribuidora del edificio, es decir de la red eléctrica.

Por un lado, se encuentra la puesta a tierra de las placas, por el tema de seguridad, por ello las placas suelen incorporar un orificio marcado con el símbolo de tierra para realizar ahí el contacto. Es recomendable usar terminales auxiliares y evitar el atornillamiento de conductor de protección en los marcos de modo que facilite su revisión si hubiese un fallo por avería. La puesta a tierra de los módulos se puede confundir con el simple anclaje de los módulos al propio terreno del emplazamiento. Los conductores usados se conectarán a la puesta a tierra del conjunto.

La puesta a tierra de la instalación es independiente de la individual de las placas, asumir que es el mismo suele ser un fallo importante en las instalaciones. Toda la instalación se debe conectar a un único punto de tierra del sistema, porque si se utilizan distintos puntos puede darse la situación en la que haya corriente circulando por la protección. Para evitar esto lo que se hace es unir todos los conductores a tierra en uno mismo con bornes de protección.

También cabe destacar que no es lo mismo el conectar a tierra la instalación que una puesta a tierra del neutro, situación que puede causar confusión para alguien no experimentado.

11. AHORRO ECONÓMICO.

El fin de llevar a cabo un proyecto como este, es buscar el ahorro de cara a futuro. Desde el momento en el que se instalen las placas, la comunidad de vecinos estará ahorrando todos los meses cierta cantidad de dinero. En el año 2022 los vecinos han pagado la energía a una media de 0,279€/kWh, habiendo consumido 13846 kWh, es decir que en el último año han pagado un total de 3863,44. En los próximos años parte de ese dinero que están pagando se les descontara por la energía autoconsumida, aunque seguirán teniendo que pagar una mínima parte que se consumirá de la red.

El precio de la energía estos últimos años ha sido muy elevado por eso se coge como referencia el estimado para 2024 que es de 165€/MWh.

Para calcular lo que se va a ahorrar en energía hay que tener en cuenta un par de factores muy importantes. El primero, la subida de precio de la energía, durante el último año ha tenido unas subidas demasiado altas debido a un conflicto geopolítico, que no se van a tener en cuenta para este estudio debido a ser una causa excepcional. Como el precio de la energía estos últimos años ha sido muy elevado se coge como referencia el estimado para 2024 que es de 185€/MWh. Para el cálculo del ahorro se va a asumir una subida de precio de la energía de un 2,5% anual durante los próximos 30 años.

El segundo factor que hay que tener en cuenta es el rendimiento de las placas. El fabricante garantiza una vida útil de los módulos de 25 años, y como se ha enseñado en el apartado de pérdidas por envejecimiento, el rendimiento disminuye una media de 0,72% cada año. Para evitar sorpresas y ser más conservador a la hora de calcular el ahorro energético se va a considerar esta bajada de rendimiento de un 1% anual.

Por último, hay que tener en cuenta lo que produce la instalación, que son 12,92 MWh, de los cuales solo se autoconsumo en el 40%, es decir 5,247 MWh. Los 7,37 MWh restantes se tendrán que seguir adquiriendo de la red eléctrica, esto ocurre porque hay momento del día, en especial de noche, que se está consumiendo energía que las placas no pueden producir, o que lo que se está produciendo no es suficiente para cubrir toda la demanda en ciertos momentos puntuales.

Teniendo en cuenta estos datos el ahorro sería el siguiente:

| | Autoconsumo (MWh) | Precio de Pool (€/MWh) | Pool | Ahorro (€) |
|--------------|-------------------|------------------------|---------|--------------------|
| 2023 | 5,247 | | 185,000 | 970,695 |
| 2024 | 5,195 | | 165,000 | 857,097 |
| 2025 | 5,143 | | 169,125 | 869,740 |
| 2026 | 5,091 | | 173,353 | 882,568 |
| 2027 | 5,040 | | 177,687 | 895,586 |
| 2028 | 4,990 | | 182,129 | 908,796 |
| 2029 | 4,940 | | 186,682 | 922,201 |
| 2030 | 4,891 | | 191,349 | 935,803 |
| 2031 | 4,842 | | 196,133 | 949,606 |
| 2032 | 4,793 | | 201,036 | 963,613 |
| 2033 | 4,745 | | 206,062 | 977,826 |
| 2034 | 4,698 | | 211,214 | 992,249 |
| 2035 | 4,651 | | 216,494 | 1006,885 |
| 2036 | 4,604 | | 221,907 | 1021,737 |
| 2037 | 4,558 | | 227,454 | 1036,807 |
| 2038 | 4,513 | | 233,141 | 1052,100 |
| 2039 | 4,468 | | 238,969 | 1067,619 |
| 2040 | 4,423 | | 244,943 | 1083,366 |
| 2041 | 4,379 | | 251,067 | 1099,346 |
| 2042 | 4,335 | | 257,344 | 1115,561 |
| 2043 | 4,292 | | 263,777 | 1132,015 |
| 2044 | 4,249 | | 270,372 | 1148,713 |
| 2045 | 4,206 | | 277,131 | 1165,656 |
| 2046 | 4,164 | | 284,059 | 1182,850 |
| 2047 | 4,122 | | 291,161 | 1200,297 |
| 2048 | 4,081 | | 298,440 | 1218,001 |
| 2049 | 4,040 | | 305,901 | 1235,967 |
| 2050 | 4,000 | | 313,548 | 1254,197 |
| 2051 | 3,960 | | 321,387 | 1272,696 |
| 2052 | 3,920 | | 329,422 | 1291,469 |
| 2053 | 3,881 | | 337,657 | 1310,518 |
| TOTAL | | | | 33.021,58 € |

Tabla 9: Ahorro por autoconsumo. Elaboración Propia

Como se puede observar, el ahorro monetario al cabo de 30 años es de 33021,58€, puede parecer poca cantidad para tanto tiempo, pero se debe a que es una comunidad pequeña por lo que al no tener mucho gasto el ahorro parece menor. El ahorro de energía asciende a 140,41 MWh. Todo este ahorro es asumiendo que no hay otro tipo de gasto por imprevistos como podría ser la avería de un módulo.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En este apartado se va a demostrar cuanto seria la inversión inicial necesaria para poder ejecutar este proyecto, que asciende a un total de **14.996 €**.

| | |
|--|--------------------|
| Paneles JA SOLAR JAM60S20 MR 370W Full Black (24) | 3.684,60 € |
| Inversor Huawei Trifásico Híbrido SUN2000-8KTL-M1 8kW + 4 Optimizadores + Smart Dongle 4G | 2.117,00 € |
| Soportes inclinados | 1.200,00 € |
| Cableado CC y CA | 1.178,48 € |
| Protecciones y medida | 896,75 € |
| Legalización y Tramitación municipal | 841,67 € |
| Ejecución material de la obra | 2.475,00 € |
| Total (sin IVA) | 12.393,50 € |
| IVA (21%) | 2.602,64 € |
| Total (con IVA) | 14.996,14 € |

Tabla 10: Presupuesto del proyecto. Elaboración propia

13. VIABILIDAD ECONÓMICA

Se entiende por viabilidad económica a la capacidad de un proyecto para generar beneficios económicos sostenibles a lo largo de un tiempo. Implica evaluar si es factible desde el punto financiero y si puede generar lo necesario para cubrir los costes.

Para ver la rentabilidad de este proyecto se va a comparar la situación de seguir sin la instalación de placas en la comunidad frente a la situación en la que si se instalan.

Si la comunidad decidiese seguir como hasta ahora y no implantar las placas, en 30 años acabarían pagando unos 102 mil euros, teniendo en cuenta que el consumo es de 13,8 MWh, y que el precio de la energía a en 2024 será de 165€ y se estima que subirá un 2,5%, como se ha asumido en el ahorro.

Mientras que, si deciden instalar las placas, se generarían 12929 MWh al año de los cuales para al autoconsumo irían 5,247 MWh y el resto se podría vender como excedente. Los otros 8,5 MWh que se necesitan para poder abastecer el consumo de la comunidad de 13,8 MWh se seguirían comprando como hasta ahora, como se ha explicado previamente hay horas del día en las que se consume más de lo que se produce, véase por la noche. Teniendo que comprar los 8,5MWh durante los próximos 30 años supondría un coste de 69 mil euros. Como se puede comprobar la diferencia entre el poner o no poner placas es de 33 mil euros ($102k - 69k = 33k$) lo demostrado en el apartado de ahorro.

Este ahorro no es del todo cierto porque habría que descontarle la inversión inicial de 14,9k €, quedando un ahorro de 18100€ ($33k - 14,9k = 18,1k$). Este valor es el dinero ahorrado durante 30 años que funciona la planta, sin tener en cuenta los excedentes.

También, se tiene que añadir lo que se gana por la venta de excedente. El excedente se vende al precio que se acuerda con la compañía que tenga el edificio contratada, y este precio es de 100€/MWh. Esta energía vendida durante los treinta años del proyecto generaría unas ganancias de 25800€ que sumado a lo ahorrado hace un total de 43900€.

Por último, si se pidiese la subvención de la comunidad de Madrid por kWp instalado, en el presupuesto se podría llegar a ahorrar un 26% (3960€). Siendo un ahorro total por la inversión de 47860€.

Dos términos muy importantes para analiza la viabilidad son el VAN y la TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta utilizada para determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo generados por el proyecto y el valor presente de la inversión inicial. Se considera una herramienta útil porque tiene en cuenta el valor temporal de un proyecto a largo plazo. La fórmula del VAN es:

$$VAN = -A + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \frac{F3}{(1+i)^3} + \frac{F4}{(1+i)^4} + \dots$$

Ilustración 36: Formula del VAN

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa la tasa de rendimiento que iguala el valor presente de efectivo generados por el proyecto con la inversión inicial. Se calcula buscando la tasa de descuento que haga que el VAN sea igual a cero, es decir la tasa de retorno para que lo que el proyecto genera sea igual a cero. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada para evaluar el proyecto será un proyecto rentable. La fórmula de la TIR es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Ilustración 37: Formula de la TIR

Aplicando las fórmulas se obtienen los siguientes resultados:

- VAN = 9437,19 € > 0 por lo que es una inversión positiva.
- TIR = 14,363%

Teniendo en cuenta los 11000€ de inversión inicial, se tardaría en recuperar seis años, y en el séptimo año empezaría a dar beneficios hasta llegar a los 47 mil euros calculados previamente, como e puede ver en la próxima grafica.

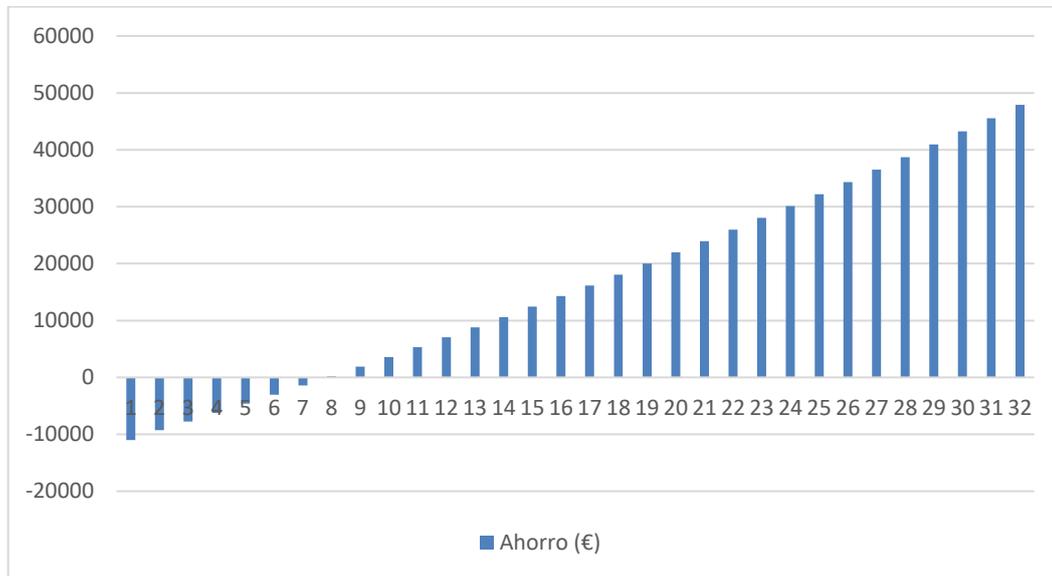


Ilustración 38: Amortización del proyecto

Una vez obtenidos y analizados estos datos se puede asegurar que la inversión será positiva, es decir que es rentable y viable.

14. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Hace ocho años, 193 naciones acordaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible con el propósito de salvaguardar nuestro planeta, garantizar un futuro próspero y promover la equidad entre las personas. Estos objetivos constan de diecisiete metas diversas, y todos los países se comprometieron a alcanzarlas.

La instalación de placas solares en un edificio, aunque a nivel global no aporte mucho cambio, si produce cierto cambio y cumple con varios de los objetivos de desarrollo sostenible:

- **“Energía asequible y no contaminante”**
- **“Acción por el clima”**
- **“Comunidades sostenibles**

Esta instalación va a permitir a la comunidad de vecinos poder usar energía renovable, es decir energía asequible y no contaminante, para iluminar las zonas comunes y el garaje sin tener que participar en la contaminación global que hay en este momento. Al ser autosuficiente, implica que consume la energía que está produciendo su planta, por lo que disminuye el uso de otro tipo de energías que si contribuyen en la contaminación debido a su forma de producción, distribución y transporte.

El Fin de este objetivo es fomentar el uso de energías renovables y este proyecto estaría cumpliéndolo debido a que con esta instalación más del 50% de la energía consumida será procedente de una fuente renovable

Si el edificio está usando su propia energía generada por las placas no emitirá gases de efecto invernadero o CO₂, que se producen al usar otro tipo de energías. Un edificio como este que no es muy grande ni consume tanta energía no tiene un gran impacto en la contaminación, ni en el cambio climático a nivel global. Pero si usa la energía renovable de las placas, ya es un edificio que no contribuye a la contaminación, y un edificio más que tiene una buena acción por el clima.

Al igual que pasa con la contaminación, el que un edificio sea sostenible no implica que la ciudad de Madrid lo sea, ni siquiera implica que el barrio de Pinar de Chamartín lo sea, pero siempre es un comienzo. El que esta comunidad implante placas solares y reduzca el coste de la cuota de los vecinos, puede ser un punto de referencia para otras comunidades de vecinos de la zona para poner placas solares en sus edificios. Si esto ocurre se estaría empezando a crear una comunidad sostenible dentro de una ciudad con tanta contaminación como es Madrid.

Otros de los objetivos que también se cumplen en este proyecto son el 8 “Trabajo decente y crecimiento económico”, el 9 “Industria, innovación e infraestructura” y el 12 “Producción y consumo responsable”.



Ilustración 39: Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente Naciones Unidas [9.]

15. CONCLUSIONES

La finalidad de realizar este proyecto es estudiar la posibilidad de instalar una planta fotovoltaica en la azotea de una comunidad de vecinos, para poder reducir el importe de la factura de la luz del edificio y del garaje.

Para esto se ha realizado un estudio sobre la energía fotovoltaica, el dimensionamiento de la planta y por último un análisis económico sobre la viabilidad y la rentabilidad.

En 2015 en el tratado de París se aprobaron unos objetivos de cara a 2030 y 2050 que los países debían cumplir para ayudar y colaborar con la sostenibilidad de la tierra. Desde ese año, se han potenciado aún más las energías renovables y la instalación de estas, además de las facilidades económicas que se han implantado, un claro ejemplo es la abolición del impuesto del sol, con el que el Estado cobraba una tasa a las personas o empresas que

estuviesen usando energía solar para el autoconsumo en vez de pagar por la energía. Más tarde, en 2021, aprobaron ayudas, para que se instalasen placas solares para el autoconsumo, con el apoyo económico de la Unión Europea.

No solo en tema económico, también en el ámbito industrial, se han potenciado las inversiones en la investigación para conseguir paneles más eficientes. A raíz de esto, han surgido muchas empresas que fabrican paneles y/o inversores generando así un gran abanico posibilidades donde elegir, teniendo la oportunidad de diseñar instalaciones solares a gusto del cliente, como se ha visto a la hora de usar el programa PVsyst que los incluía todos.

En este proyecto la instalación se va a hacer en el edificio de la calle Caleruega, numero 11, en Madrid. Esta zona de Madrid tiene una temperatura media de 15,6°C y una humedad relativa de 56% (datos obtenidos con PVsyst, Meteonorm8). Debido a la estructura y tamaño de los edificios colindantes, la azotea del edificio a estudiar no tiene sombras producidas por otros edificios más altos, el lugar de la instalación es el adecuado, porque siempre está recibiendo luz del sol. Con su posición geográfica y con su altura al tratarse de un edificio y no de un adosado, tampoco hay elementos naturales como árboles o montañas que puedan interferir con la irradiación solar. Esta irradiación solar difusa es de 45 kWh/m²/mes con máximos de 75,3kWh/m²/mes y mínimos de 22,7kWh/m²/mes.

Se parte de una situación en la que la comunidad consume 13,8 MWh al año y en el último año han tenido que pagar un total de 3863€. Con este proyecto se busca disminuir esa cifra debido al autoconsumo, y a la vez generar ganancias por la venta de excedentes.

Después del análisis correspondiente para el dimensionamiento de la instalación se han elegido los módulos (JAM60S20 de 370 W) y el inversor (SUN2000-8KTL M1) consiguiendo una instalación con un performance ratio de 69% que genera 12,9 MWh al año. De estos 12,9 MWh generados se usarán para el autoconsumo de la comunidad 5,24 MWh, siendo así un 40% de autoconsumo, y 7,37 MWh se venderían como excedentes.

La inversión inicial, por el coste de la instalación, asciende a 14900 €, y se calcula el TIR de la inversión, que es de 9,3%. También se calcula el ahorro que se consigue por el

autoconsumo, que es de 18100€ al cabo de 30 años, a lo que se le añadirá la venta de excedentes, 25800€, y un posible ahorro de hasta 3960€ por subvenciones.

Teniendo estos datos se compara la opción de invertir o no en la instalación, y se concluye en que, si es rentable hacer la inversión, debido a que se podría ahorrar hasta 47860€

16. BIBLIOGRAFÍA

[1.] Ilustración 1: Statista

Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/>

[2.] Ilustración 2: banco de España

Fuente: <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSe riadas/DocumentosOcasionales/21/Fich/do2120.pdf>

[3.] Ilustración 3: Endesa

Fuente: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/sector-energetico/futuro-energias-renovables>

[4.] Ilustración 4: El blog de energía

Fuente: <https://elblogenergia.com/energia/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas-vs-conexion-red>

[5.] Ilustración 5: Novasol

Fuente: <https://www.novasol.es/energia-solar-fotovoltaica/>

[6.] Ilustración 8: Factorenergia

Fuente: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/placas-fotovoltaicas-como-funcionan/>

[7.] Ilustración 12/13: Weatherspark

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/36848/Clima-promedio-en-Madrid-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

[8.] Ilustración 19: Energética futura

Fuente: <https://energeticafutura.com/blog/cuanta-energia-se-puede-extraer-de-la-radiacion-solar/>

[9.] Ilustración 38: Naciones Unidas

Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

[10.] Subida de precios (El Economista):

Fuente: <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11355408/08/21/El-Banco-de-Espana-explica-por-que-se-dispara-el-precio-de-una-luz-que-vuelve-a-marcar-maximos-historicos.html>

[11.] Real Decreto 244/2019 (BOE)

Fuente: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244>

[12.] Potencia instalada (REE)

Fuente: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>

[13.] Autoconsumo fotovoltaico en España (UNEF)

Fuente: <https://www.unef.es/es/comunicacion/comunicacion-post/el-autoconsumo-fotovoltaico-instalado-en-espana-crecio-un-108-respecto-a-2021#:~:text=El%20autoconsumo%20fotovoltaico%20instalado%20en%20Espa%C3%B1a%20creci%C3%B3%20un%20108%25%20respecto%20a%202021,-23%20ene%202023>

[14.] Marco Regulatorio (UNEF)

Fuente: <https://www.unef.es/es/marco-regulatorio>

[15.] Hoja de Ruta del Autoconsumo (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico)

Fuente: https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hoja-ruta-autoconsumo/hojaderutaautoconsumo_tcm30-534411.pdf

[16.] Funcionamiento y partes de las placas solares (Iberdrola)

Fuente: <https://www.iberdrola.com/innovacion/como-funcionan-placas-solares-fotovoltaicas>

[17.] Pliego de Condiciones Técnicas (IDAE)

Fuente: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf

DOCUMENTO 2: PLANOS

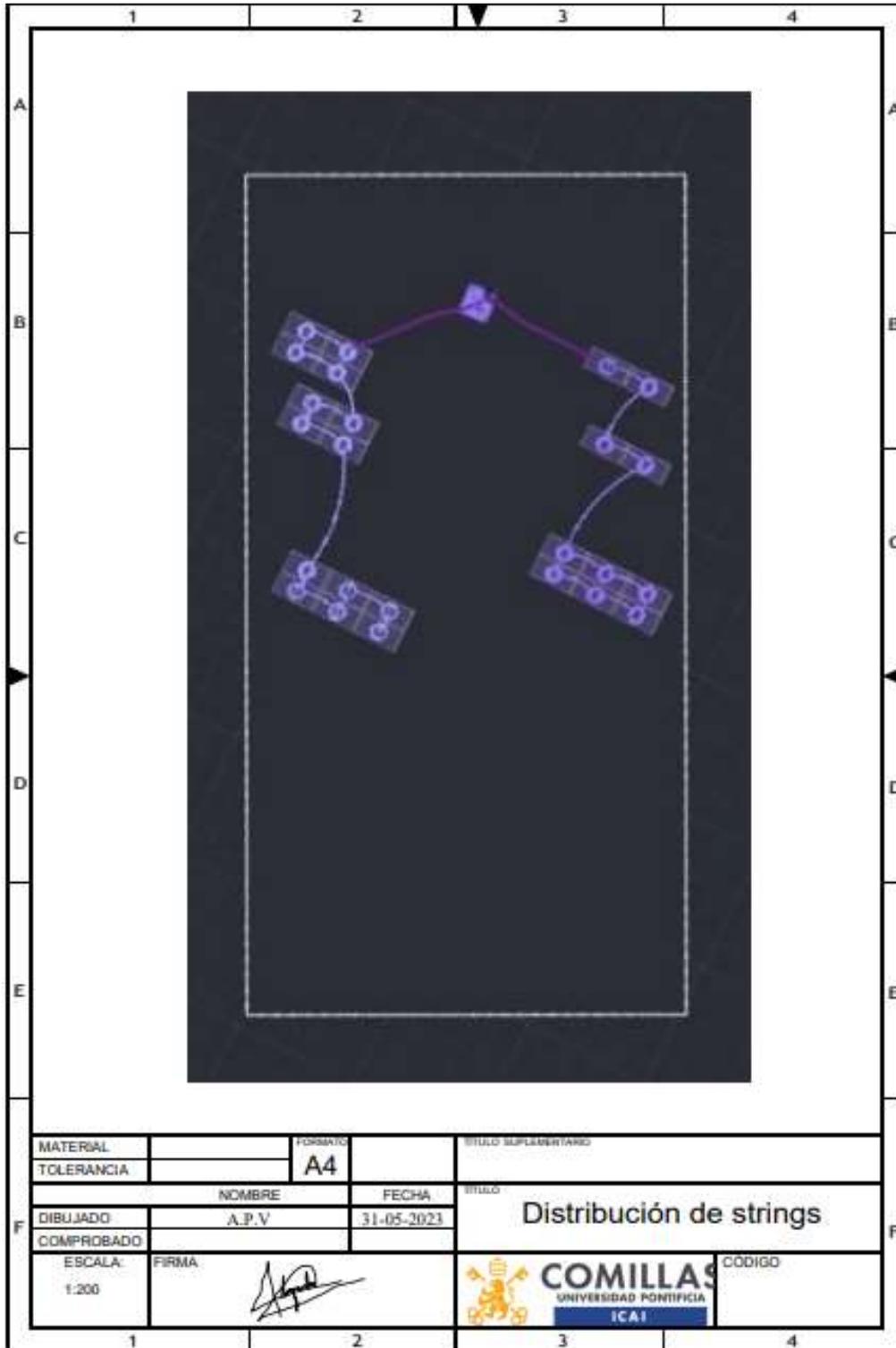
1.1 PLANO: TEJADO



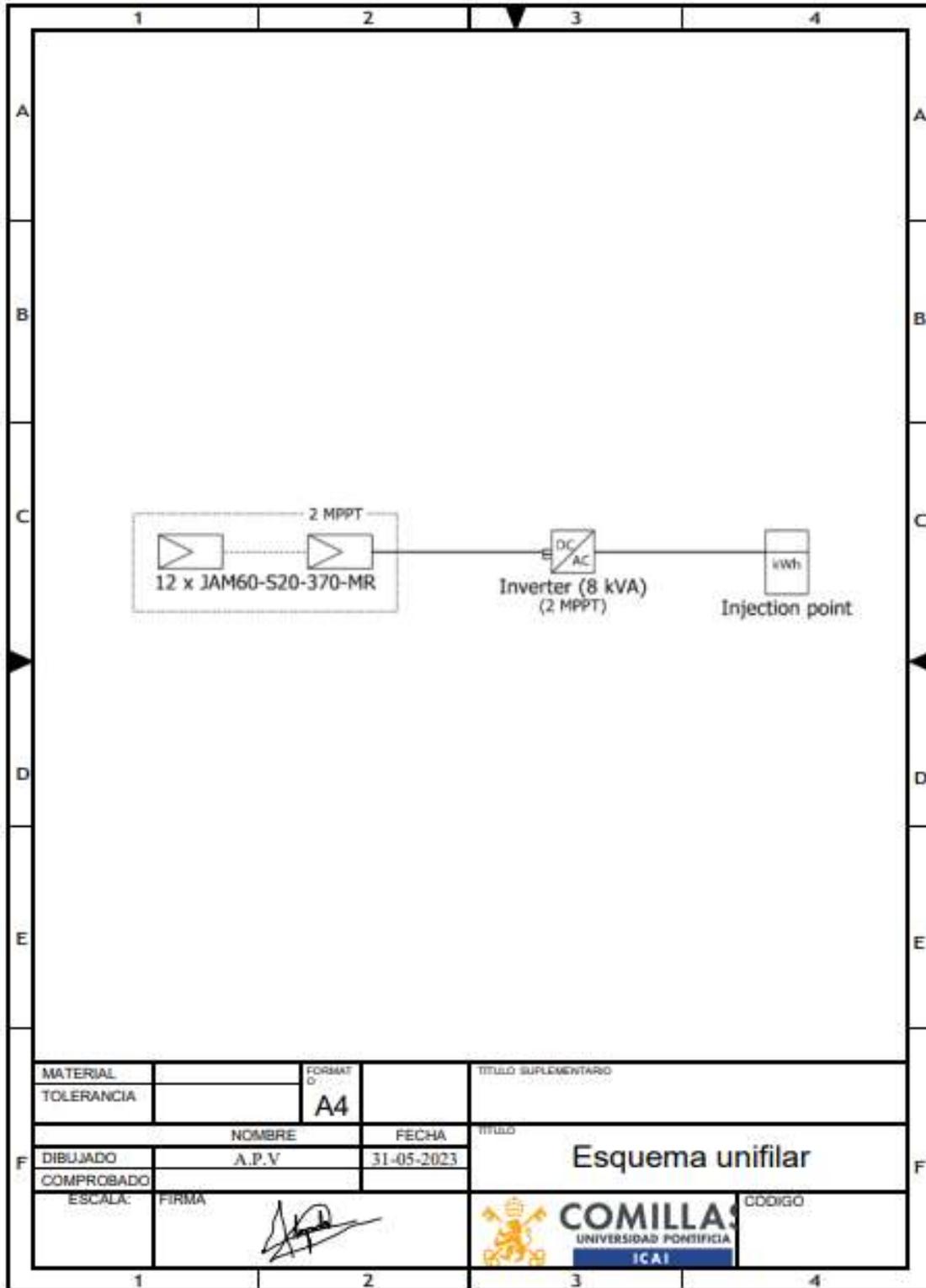
2. PLANO: DISTRIBUCIÓN DE PANELES



3. PLANO: DISTRIBUCIÓN DE STRINGS



4. PLANO: ESQUEMA UNIFILAR



DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETO:

El pliego de condiciones tiene como objetivo fijar los requisitos mínimos para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red en el ámbito de actuación del IDEA. El fin es proporcionar una guía tanto para instaladores como fabricantes de equipos, estableciendo las especificaciones mínimas necesarias para garantizar la calidad de las instalaciones, en beneficio tanto del usuario como del desarrollador

Evaluar la excelencia final de las instalaciones en términos de su rendimiento, producción e integración.

Este conjunto de requisitos técnicos (en adelante, PCT) se aplica a todos los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En ciertos casos particulares los proyectos podrán considerarse soluciones diferentes a las establecidas en este PCT, debido a la naturaleza del proyecto o los avances tecnológicos. Sin embargo, cualquier solución alternativa debe ser adecuadamente justificada y no debe comprometer la calidad mínima requerida especificada en este documento

2. GENERALIDADES

El PCT excluye las instalaciones independientes de la red, esto es porque este Pliego se aplica solo para instalaciones conectadas a la red.

Puede servir como guía para otro tipo de aplicaciones específica

Se debe de aplicar la normativa vigente de placas solares, dicha normativa es la siguiente:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

3. DISEÑO

Todos los módulos de la instalación tendrán que ser del mismo modelo, si por alguna necesidad son distintos, deberá garantizarse el correcto funcionamiento entre ellos sin que tenga efectos negativos en la producción de la instalación

El diseño de la planta deberá tener en cuenta las sombras y la inclinación de los paneles para que las pérdidas sean menores a los límites de la siguiente tabla:

| | <i>Orientación e inclinación (OI)</i> | <i>Sombras (S)</i> | <i>Total (OI+S)</i> |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| General | 10 % | 10 % | 15 % |
| Superposición | 20 % | 15 % | 30 % |
| Integración arquitectónica | 40 % | 20 % | 50 % |

Ilustración 40: Limite de perdidas

Cuando existan varias filas, y puedan provocarse sombra unas a otras, se deberá de calcular su distancia mínima.

4. COMPONENTE Y MATERIALES

El contratista deberá proveer todos los equipos necesarios para ejecutar la obra, incluyendo tanto las herramientas como equipos de elevación y cualquier otro instrumento requerido para realizar el proyecto.

Durante la ejecución del proyecto será el contratista quien se encargue de los equipos usados durante el trabajo, esto incluye su mantenimiento, su almacenamiento y su transporte.

El Cliente permitirá al contratista poder moverse por las instalaciones libremente, con el fin de realizar trabajos relacionados con la obra.

4.1. GENERALIDADES

Como principio fundamental se debe garantizar un nivel mínimo de aislamiento eléctrico tipo base I, tanto para los equipos (paneles e inversores) como para los materiales (cables cajas y armarios de conexión), a excepción del cableado de corriente continua que debe tener un doble aislamiento de clase 2. Además, se requiere un grado de protección mínimo de IP65.

La instalación debe incluir los elementos necesarios y característicos necesarios para asegurar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no debe causar averías en la red, ni disminuciones en las condiciones de seguridad o alteraciones que excedan los límites establecidos por la normativa.

La instalación tiene que ser un lugar seguro para las personas que se encargan de su mantenimiento.

Los materiales han de ser protegidos de las condiciones climáticas, como la humedad o la radiación solar.

La instalación debe tener todo tipo de seguridades y protecciones para evitar contactos directos o indirectos o situaciones de sobrecarga o cortocircuito

Cualquier tipo de indicador o información como las etiquetas de los equipos usados tienen que estar en castellano

4.2. SISTEMAS

Para cumplir la Directiva 2006/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, los paneles fotovoltaicos deben de tener el marcador CE



Ilustración 41: Símbolo CE

Además, esta directiva incluye dos normas que se deberán de cumplir, UNE-EN 61730 sobre la calidad de seguridad del módulo y la norma UNE-EN 50380 sobre la información y las características de los módulos.

En el caso de los paneles solares integrados en la estructura del edificio también deben satisfacer los requisitos establecidos en la Directiva 89/106/CEE del Consejo, fechada el 21 de diciembre de 1988, la cual se refiere a la aproximación de las disposiciones legales de los estados miembros sobre los productos

Para poder identificar todos los módulos estos tienen que estar marcados con el nombre del fabricante, su modelo, y además con su número de serie individual

Los módulos deberán de cumplir las siguientes características técnicas:

- Tienen que incluir diodos de derivación, para prevenir posibles fallos en las células y circuitos debido a sombras parciales. Además, deben contar con un nivel de protección IP65.
- Los marcos de los paneles han de ser de acero inoxidable o aluminio.
- Se rechazarán todos los paneles solares que presenten defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus componentes, falta de alineación o burbujas en el encapsulante.

Con el objetivo de garantizar la seguridad y simplificar las labores de mantenimiento y reparación del generador, se tienen que

4.3. ESTRUCTURA

Las estructuras deberán de cumplir el Código Técnico de la Edificación respecto a la seguridad

Como se indica en el Código Técnico de la Edificación, la estructura tendrá que poder soportar situaciones extremas con los módulos ya instalados, esto incluye ráfagas de viento y nevadas.

Tiene que haber suficientes puntos de anclaje para asegurar la sujeción de los módulos y evitar posibles movimientos o flexiones. En función de la estructura, los tornillos serán de acero inoxidable o tornillos galvanizados. Se tiene que asegurar que los topes de sujeción no creen ningún tipo de sombra sobre los módulos.

4.4. INVERSORES

Se requiere que los inversores sean capaces de extraer de manera óptima la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede generar a lo largo del día. Por ello los inversores deberán de ser apropiados para su conexión a la red eléctrica y contar con una capacidad de entrada variable. Los inversores deben tener las siguientes características básicas:

- *Principio de corriente*
- *Autoconmutados*
- *Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador*
- *No funcionara en modo aislado o isla*

Se deben de caracterizar por las siguientes normas:

- *UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.*
- *UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.*
- *IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.*

Además, para cumplir las directivas de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Eléctrica deberán de tener protecciones para los siguientes casos:

- *Cortocircuito en alterna*
- *Tensión de red fuera de rango*
- *Frecuencia de red fuera de rango*
- *Sobretensiones, mediante varistores o similares*

Cada inversor estará equipado con las indicaciones necesarias para garantizar su correcto funcionamiento y contará con los controles automáticos esenciales para garantizar una supervisión y gestión adecuadas.

A parte de las características básicas, tiene que cumplir también una serie de características eléctricas, que vienen estipuladas en el punto 5.4.6 del CTE de instalaciones conectadas a la red:

- El inversor tiene que ser capaz de tolera picos de 30% por encima de las condiciones de energía máxima (CEM) y mantendrá una entrega de potencia constante a la red incluso en condiciones de irradiación solar que superen en un 10% las CEM.
- El rendimiento de potencia del inversor que se calcula dividiendo la potencia activa de salida entre la potencia activa de entrada, será de al menos 92% para una potencia

de salida en corriente alterna igual al 50% de la potencia nominal, y del 94% para una potencia de salida de corriente alterna igual al 100% de la potencia nominal.

-El autoconsumo de los equipos en stand-by o modo nocturno deberá ser inferior al 2% de su potencia nominal de salida

- El factor de potencia de la potencia generada deberá de ser superior a 0,95 entre el 25% y el 100% de la potencia nominal

Los inversores tendrán que poder trabajar en un rango de temperaturas de 0°C a 40°C y con una humedad relativa de hasta el 85%.

4.5. CABLEADO:

Se deberá de mantener una separación y protección adecuada de los polos negativos y positivos de cada conjunto de paneles solares cumpliendo así las regulaciones vigentes. Los conductores que se utilicen en la instalación serán de cobre y contarán con una sección adecuada para evitar pérdidas de tensión y sobrecalentamiento. Además, el cableado de corriente continua estará equipado con un doble aislamiento y será apropiado para su aplicación en condiciones climáticas exteriores, ya sea expuesto al aire libre o enterrado. Este cableado cumplirá con los requisitos establecidos en la norma UNE 21123. También para todas las condiciones de trabajo, los conductores deben de tener una sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%. Por último, la longitud del cable utilizado debe de ser la necesaria para evitar tensiones en los distintos componentes y cualquier riesgo de enredos o enganches debido al paso de personas

4.6. CONEXIÓN DE RED

Todas las instalaciones fotovoltaicas con una capacidad de hasta 100 kW deberán cumplir con las regulaciones establecidas en el Real Decreto 1663/2000, especialmente en los artículos 8 y 9, que abordan la conexión de dichas instalaciones a la red de baja tensión

4.7. MEDIDAS

Totas las instalaciones deberán cumplir con los requisitos estipulados en el Real Decreto 1110/2007, fechado el 24 de agosto, el cual aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

4.8. PROTECCIONES

Todas las instalaciones deberán cumplir con las disposiciones establecidas en el Real Decreto 1663/2000, especialmente en su artículo 11 que se refiere a las medidas de protección en las instalaciones solares conectadas a la red de baja tensión. En el caso de las conexiones trifásicas a la red, se requerirá la implementación de protecciones individuales para garantizar la interconexión dentro de los límites establecidos para cada fase.

4.9. PUESTA A TIERRA

Se requerirá el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Real Decreto 1663/2000, específicamente su artículo 12, el cual aborda las regulaciones relacionadas con las condiciones de puesta a tierra en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión

Se deberá garantizar que todas las estructuras conductoras de la instalación fotovoltaica, tanto en el sistema de corriente continua como el de corriente alterna, estén conectadas a una única conexión de tierra. Esta conexión a tierra será distinta y no estará relacionada con la utilizada por el neutro proporcionado por la empresa distribuidora de electricidad, de acuerdo con las normativas establecidas en el Reglamento de Baja Tensión.

4.10. ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Todas las instalaciones deberán cumplir con las regulaciones establecidas en el artículo 13 del Real Decreto 1663/2000 en cuanto a la gestión de armónicos y compatibilidad electromagnética en las instalaciones fotovoltaicas.

- Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento:

Se debe de firmar un contrato preventivo de al menos tres años, en el que se estipula el mantenimiento de la instalación y todos los elementos que incluye. Se deben de incluir las condiciones generales mínimas para tener un mantenimiento acorde con la instalación fotovoltaica.

En el contrato se deben de incluir dos tipos de mantenimiento, el correctivo y el preventivo, con el fin de asegurar un buen funcionamiento, y prolongar al máximo el tiempo de funcionamiento de la instalación.

En la parte preventiva se incluyen las diversas operaciones visuales necesarias, y verificaciones de actuaciones que garantizaran que las condiciones de funcionamiento y el rendimiento se mantengan dentro de los límites aceptables. Este plan se implementa con el objetivo de prevenir problemas. El mantenimiento preventivo se deberá de hacer al menos una vez al año con una visita a la instalación para realizar las distintas comprobaciones:

- *Comprobación de las protecciones eléctricas.*
- *Comprobación del estado de los módulos.*
- *Comprobación del estado del inversor*
- *Comprobación del estado mecánico de cables y terminales*

El plan de mantenimiento correctivo incluye las operaciones de reemplazo necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil. Los costos económicos de mantenimiento correctivo están cubiertos por el precio anual del contrato de mantenimiento.

DOCUMENTO 4: ANEXOS

ANEXO I. ELECCIÓN DE MÓDULO E INVERSOR

1. SELECCIÓN DE MÓDULO.

Para la selección del módulo se han tenido en cuenta distintos factores como, por ejemplo:

- Potencia pico requerida
- Potencia consumida
- Peso
- Precio
- Número de módulos
- Espacio de azote

Se buscan unos paneles que puedan abastecer los 13,8 MWh que consume el edificio, y con una media de sol de 1600 horas al año se obtiene que se necesita una instalación capaz de producir 8,8 kW.

Se elige usar una marca de renombre como es JA Solar, que dentro del mundo de los paneles solares es bastante conocida. Entre su gran catálogo se eligió una combinación de módulos que pudiese llegar a dicha potencia sin excederse de precio y teniendo en cuenta el peso debido a que los paneles se van a situar en el tejado de una casa, no en mitad del campo, y además hay que subirlos 8 plantas, no a un tejado de un chalé.

Teniendo en cuenta estas características, se decide que la mejor opción es el modelo **JAM60-S20-370-MR**, que tiene un precio medio de 140€ la unidad. Se podría elegir modelos mucho más potentes, pero no serían rentables, ni por temas económicos ni por motivos ingenieriles (peso, espacio, y tamaño del panel). Dentro de la misma gama se encuentran unos de 390W pero que para genera la misma potencia total solo supondría un ahorro de un módulo y medio por lo que no era muy rentable.

2. ELECCIÓN DEL INVERSOR

Para la elección de un inversor hay que tener en cuenta la tensión de salida de los módulos usados, debido a que esta siempre tiene que estar dentro del rango de valores admitidos por un inversor. Para realizar las comprobaciones necesarias hay que tener en cuenta algunos valores del inversor y de los módulos, y además saber que la conexión está dividida en dos strings de 12 módulos cada una.

| Inversor SUN2000-8KTL M1 | |
|-------------------------------|------|
| Tensión máxima de entrada (V) | 1000 |
| Tensión mínima MPPT (V) | 200 |
| Tensión máxima MPPT (V) | 950 |
| Isc máxima MPPT (A) | 25 |

Tabla 11: Detalles inversor SUN2000-8KTL M1

| Modulo JAM60S20 de 370 W | |
|--|--------|
| V _{OC} (V) | 41,3 |
| V _{MP} (V) | 34,23 |
| I _{SC} (A) | 11,35 |
| Coefficiente de temperatura para I _{SC} β | -0,272 |
| Coefficiente de temperatura para V α | 0,044 |

Tabla 12: Detalles modulo JAM60S20

Una vez se tienen los datos necesarios del módulo y del inversor, hay que tener también en cuenta la temperatura, porque el valor de salida de tensión de los módulos varía en función de esta, cuanto más temperatura menos tensión y cuanto menos temperatura mayor tensión. Los valores de las temperaturas son los siguientes:

- T_{STC} = 20°C
- T_{MIN} = -2°C
- T_{MAX} = 40°C

Con todos los datos presentes se realizan las siguientes fórmulas:

$$V_{\text{módulo}} = V_{STC} \left(\frac{\beta}{100} * (T - T_{STC}) + 1 \right)$$

Ilustración 42: Ecuación tensión de modulo

T = Temperatura a estudiar

T_{STC} = Temperatura en condiciones normales

β = Cociente de temperatura

V_{MODULO} = V a estudiar (V_{OC}, V_{MP})

V_{STC} = V en condiciones estándar

$$I_{\text{string}} = I_{\text{serie}} = I_{\text{módulo}} = I_{STC} \left(\frac{\alpha}{100} * (T - T_{STC}) + 1 \right)$$

Ilustración 43: Ecuación intensidad del modulo

T = Temperatura a estudiar

T_{STC} = Temperatura en condiciones normales

α = Cociente de temperatura

I_{MODULO} = I a estudiar

I_{STC} = I en condiciones estándar

$$V_{string} = V_{módulo} * N^{\circ} \text{modulos por string}$$

Ilustración 44: Ecuación tensión de string

Obteniéndose los siguientes resultados para las distintas temperaturas:

| | T _{MAX} | T _{MIN} |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| V _{OC(MODULO)} (V) | 39,053 | 43,771 |
| V _{MP(MODULO)} (V) | 32,368 | 36,278 |
| I _{STRING} (A) | 11,450 | 11,240 |

Tabla 13: Resultados para las ecuaciones del módulo

| | T _{MAX} | T _{MIN} |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| V _{OC(STRING)} (V) | 468,639 | 525,257 |
| V _{MP(STRING)} (V) | 388,415 | 435,340 |

Tabla 14: Resultados para las ecuaciones en los strings

Rangos para tener en cuenta:

- La tensión de salida en cada cadena de strings (V_{STRING}) tiene que ser menor a la tensión máxima de entrada del inversor
- Las tensiones máximas y mínimas V_{MPPT} de los strings tienen que estar dentro del rango de la tensión V_{MPPT} del inversor
- La intensidad I_{SC} de los strings tiene que ser menor a la I_{SC} máxima del inversor

Una vez obtenidos los resultados de las distintas situaciones de temperatura, se confirman que los valores quedan dentro de los rangos por lo que se afirma que el inversor seleccionado es correcto para esta instalación

ANEXO II. CÁLCULOS ECONÓMICOS

El primer caso de estudio es el gasto de la comunidad durante 30 años si no instalan las placas, y partiendo de un precio de 98€, en 2024.

| Gastos sin placas | | | |
|-------------------|---------------|------------|---------------------|
| Año | Consumo (MWh) | Precio (€) | Gasto € |
| 2023 | 13,8 | 185,000 | 2553,000 |
| 2024 | 13,8 | 165,000 | 2277,000 |
| 2025 | 13,8 | 169,125 | 2333,925 |
| 2026 | 13,8 | 173,353 | 2392,273 |
| 2027 | 13,8 | 177,687 | 2452,080 |
| 2028 | 13,8 | 182,129 | 2513,382 |
| 2029 | 13,8 | 186,682 | 2576,217 |
| 2030 | 13,8 | 191,349 | 2640,622 |
| 2031 | 13,8 | 196,133 | 2706,637 |
| 2032 | 13,8 | 201,036 | 2774,303 |
| 2033 | 13,8 | 206,062 | 2843,661 |
| 2034 | 13,8 | 211,214 | 2914,753 |
| 2035 | 13,8 | 216,494 | 2987,621 |
| 2036 | 13,8 | 221,907 | 3062,312 |
| 2037 | 13,8 | 227,454 | 3138,870 |
| 2038 | 13,8 | 233,141 | 3217,341 |
| 2039 | 13,8 | 238,969 | 3297,775 |
| 2040 | 13,8 | 244,943 | 3380,219 |
| 2041 | 13,8 | 251,067 | 3464,725 |
| 2042 | 13,8 | 257,344 | 3551,343 |
| 2043 | 13,8 | 263,777 | 3640,126 |
| 2044 | 13,8 | 270,372 | 3731,130 |
| 2045 | 13,8 | 277,131 | 3824,408 |
| 2046 | 13,8 | 284,059 | 3920,018 |
| 2047 | 13,8 | 291,161 | 4018,019 |
| 2048 | 13,8 | 298,440 | 4118,469 |
| 2049 | 13,8 | 305,901 | 4221,431 |
| 2050 | 13,8 | 313,548 | 4326,966 |
| 2051 | 13,8 | 321,387 | 4435,141 |
| 2052 | 13,8 | 329,422 | 4546,019 |
| 2053 | 13,8 | 337,657 | 4659,670 |
| Total | | | 102.519,46 € |

Tabla 15: Gastos sin placas

La segunda situación para estudiar es cuando la comunidad decide instalar las placas. Para estudiar este caso hay que tener en cuenta tres cosas, por un lado, el autoconsumo y lo que se ahorrarían, por otro lado, el gasto necesario para cumplir el consumo de 13,8MWh de la comunidad, y por ultimo los ingresos generados por la venta de excedentes.

| | Autoconsumo (MWh) | Precio de Pool (€/MWh) | Ahorro (€) |
|--------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| 2023 | 5,247 | 185,000 | 970,695 |
| 2024 | 5,195 | 165,000 | 857,097 |
| 2025 | 5,143 | 169,125 | 869,740 |
| 2026 | 5,091 | 173,353 | 882,568 |
| 2027 | 5,040 | 177,687 | 895,586 |
| 2028 | 4,990 | 182,129 | 908,796 |
| 2029 | 4,940 | 186,682 | 922,201 |
| 2030 | 4,891 | 191,349 | 935,803 |
| 2031 | 4,842 | 196,133 | 949,606 |
| 2032 | 4,793 | 201,036 | 963,613 |
| 2033 | 4,745 | 206,062 | 977,826 |
| 2034 | 4,698 | 211,214 | 992,249 |
| 2035 | 4,651 | 216,494 | 1006,885 |
| 2036 | 4,604 | 221,907 | 1021,737 |
| 2037 | 4,558 | 227,454 | 1036,807 |
| 2038 | 4,513 | 233,141 | 1052,100 |
| 2039 | 4,468 | 238,969 | 1067,619 |
| 2040 | 4,423 | 244,943 | 1083,366 |
| 2041 | 4,379 | 251,067 | 1099,346 |
| 2042 | 4,335 | 257,344 | 1115,561 |
| 2043 | 4,292 | 263,777 | 1132,015 |
| 2044 | 4,249 | 270,372 | 1148,713 |
| 2045 | 4,206 | 277,131 | 1165,656 |
| 2046 | 4,164 | 284,059 | 1182,850 |
| 2047 | 4,122 | 291,161 | 1200,297 |
| 2048 | 4,081 | 298,440 | 1218,001 |
| 2049 | 4,040 | 305,901 | 1235,967 |
| 2050 | 4,000 | 313,548 | 1254,197 |
| 2051 | 3,960 | 321,387 | 1272,696 |
| 2052 | 3,920 | 329,422 | 1291,469 |
| 2053 | 3,881 | 337,657 | 1310,518 |
| TOTAL | | | 33.021,58 € |

Tabla 16: Ahorro autoconsumo

| Año | Consumo (MWh) | Precio de Pool (€/MWh) | Ahorro (€) |
|--------------|---------------|------------------------|--------------------|
| 2023 | 8,553 | 185,000 | 1582,305 |
| 2024 | 8,605 | 165,000 | 1419,903 |
| 2025 | 8,657 | 169,125 | 1464,185 |
| 2026 | 8,709 | 173,353 | 1509,705 |
| 2027 | 8,760 | 177,687 | 1556,494 |
| 2028 | 8,810 | 182,129 | 1604,586 |
| 2029 | 8,860 | 186,682 | 1654,016 |
| 2030 | 8,909 | 191,349 | 1704,819 |
| 2031 | 8,958 | 196,133 | 1757,031 |
| 2032 | 9,007 | 201,036 | 1810,690 |
| 2033 | 9,055 | 206,062 | 1865,835 |
| 2034 | 9,102 | 211,214 | 1922,503 |
| 2035 | 9,149 | 216,494 | 1980,736 |
| 2036 | 9,196 | 221,907 | 2040,575 |
| 2037 | 9,242 | 227,454 | 2102,063 |
| 2038 | 9,287 | 233,141 | 2165,241 |
| 2039 | 9,332 | 238,969 | 2230,156 |
| 2040 | 9,377 | 244,943 | 2296,853 |
| 2041 | 9,421 | 251,067 | 2365,379 |
| 2042 | 9,465 | 257,344 | 2435,782 |
| 2043 | 9,508 | 263,777 | 2508,111 |
| 2044 | 9,551 | 270,372 | 2582,417 |
| 2045 | 9,594 | 277,131 | 2658,752 |
| 2046 | 9,636 | 284,059 | 2737,168 |
| 2047 | 9,678 | 291,161 | 2817,722 |
| 2048 | 9,719 | 298,440 | 2900,468 |
| 2049 | 9,760 | 305,901 | 2985,464 |
| 2050 | 9,800 | 313,548 | 3072,769 |
| 2051 | 9,840 | 321,387 | 3162,444 |
| 2052 | 9,880 | 329,422 | 3254,550 |
| 2053 | 9,919 | 337,657 | 3349,152 |
| TOTAL | | | 69.497,88 € |

Tabla 17: Gasto con placas

| | Excedentes | Precio de Pool (€/MWh) | Ahorro (€) |
|-------|------------|------------------------|--------------------|
| 7,373 | 100,000 | 737,300 | 7,373 |
| 7,299 | 80,000 | 583,942 | 7,299 |
| 7,226 | 82,000 | 592,555 | 7,226 |
| 7,154 | 84,050 | 601,295 | 7,154 |
| 7,082 | 86,151 | 610,164 | 7,082 |
| 7,012 | 88,305 | 619,164 | 7,012 |
| 6,942 | 90,513 | 628,297 | 6,942 |
| 6,872 | 92,775 | 637,564 | 6,872 |
| 6,803 | 95,095 | 646,968 | 6,803 |
| 6,735 | 97,472 | 656,511 | 6,735 |
| 6,668 | 99,909 | 666,194 | 6,668 |
| 6,601 | 102,407 | 676,021 | 6,601 |
| 6,535 | 104,967 | 685,992 | 6,535 |
| 6,470 | 107,591 | 696,110 | 6,470 |
| 6,405 | 110,281 | 706,378 | 6,405 |
| 6,341 | 113,038 | 716,797 | 6,341 |
| 6,278 | 115,864 | 727,370 | 6,278 |
| 6,215 | 118,760 | 738,099 | 6,215 |
| 6,153 | 121,729 | 748,986 | 6,153 |
| 6,091 | 124,773 | 760,033 | 6,091 |
| 6,030 | 127,892 | 771,244 | 6,030 |
| 5,970 | 131,089 | 782,619 | 5,970 |
| 5,910 | 134,367 | 794,163 | 5,910 |
| 5,851 | 137,726 | 805,877 | 5,851 |
| 5,793 | 141,169 | 817,764 | 5,793 |
| 5,735 | 144,698 | 829,826 | 5,735 |
| 5,678 | 148,316 | 842,066 | 5,678 |
| 5,621 | 152,023 | 854,486 | 5,621 |
| 5,565 | 155,824 | 867,090 | 5,565 |
| 5,509 | 159,720 | 879,879 | 5,509 |
| 5,454 | 163,713 | 892,858 | 5,454 |
| | | | 22.573,61 € |

Tabla 18: Ganancias de excedentes

Como se demuestra en las tablas el ahorro por autoconsumo es de 20000€ que es la diferencia del pago de consumo de tener placas a no tenerlas, y además se ingresarían 27486€ por la venta de excedentes.

ANEXO III. FACTURAS



Endesa Energía, S.A.
CIF: B11902077
C/Plaza del Lince nº 20 28002 - Madrid

DATOS DE LA FACTURA

IMPORTE FACTURA: 168,15 €
Nº de factura: [REDACTED]
Referencia: [REDACTED]
Fecha emisión factura: 13/03/2023
Fecha de cargo: 20/03/2023
Periodo de facturación: del 11/01/2023 al 09/02/2023 (29 días)

- CPP CALERUEGA 11
CALERUEGA 11-SGALLUM
28033 MADRID
MADRID

RESUMEN DE LA FACTURA Y DATOS DE PAGO

| | |
|--------------|-----------------|
| Potencia | 12,75 € |
| Energía | 133,00 € |
| Descuentos | -19,95 € |
| Otros | 12,53 € |
| Impuestos | 29,82 € |
| Total | 168,15 € |

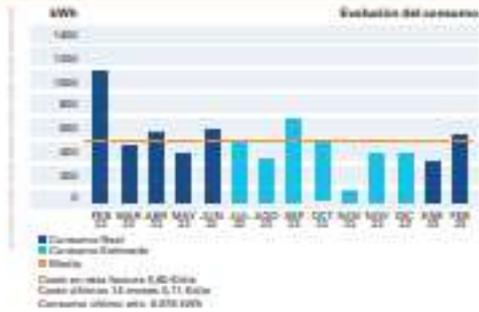
(Detalle de la factura en el reverso)

Forma de pago: Domiciliación bancaria
Cuenta Corriente: [REDACTED]
Banco: [REDACTED]
IBERCAJA
Cod.Mandato: [REDACTED]
Versión: 0001
Se aplica el IVA de Facturas de consumo de energía eléctrica.

INFORMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO

De 11/01/2023 a 09/02/2023 (29 días)

| | |
|----------------------|--------------------|
| Consumo horas Open | 582,000 kWh |
| Consumo resto horas | 0,000 kWh |
| Consumo total | 582,000 kWh |



En esta factura **el consumo horas Open**

[REDACTED]

Endesa Energía, S.A. Unipersonal inscrita en el Registro Mercantil de Madrid. Tomo 61.700, Libro 6, Folio 266. Domicilio: Calle de Alcalá 100, 28014 Madrid. CIF: A61940111. Domicilio de facturación: C/Plaza del Lince nº 20 28002 - Madrid.

www.endesa.com

DATOS DEL CONTRATO

Título del contrato: CTP CALERUEGA 11
 Nº: ██████████
 Dirección de suministro: CALERUEGA 11-SGALUM MADRID, MADRID
 Contrato de mercado libre: Tiempo Opaco
 Potencia contratada (kW): P1 3,000; P2 3,000; P3 3,000; P4 3,000; P5 3,000; P6 15,000
 CUPS: ██████████

Número de contador: ██████████
 Referencia del contrato: ██████████
 Se comercializadora: Endesa Energía S.A.U.
 Referencia del contrato de acceso: ██████████
 Peaje de transporte y distribución: 3.0TD
 Segmento de cargas: 3
 Fin de contrato de suministro: 30/11/2023
 (renovación anual automática)

DETALLE DE LA FACTURA

| | | |
|------------------------------|--|-----------------|
| Pot. P1 | 3 kW x 29 días x 0,041976 Eur/kWh y día | 3,65 € |
| Pot. P2 | 3 kW x 29 días x 0,032501 Eur/kWh y día | 2,10 € |
| Pot. P3 | 3 kW x 29 días x 0,032015 Eur/kWh y día | 1,13 € |
| Pot. P4 | 3 kW x 29 días x 0,011929 Eur/kWh y día | 1,04 € |
| Pot. P5 | 3 kW x 29 días x 0,009151 Eur/kWh y día | 0,80 € |
| Pot. P6 | 15,001 kW x 29 días x 0,008963 Eur/kWh y día | 3,03 € |
| Facturación del Consumo | 582 kWh x 0,238529 Eur/kWh | 139,00 € |
| Descuento todas las horas | 582 kWh x 0,238529 Eur/kWh x -15 % Dto. | -19,05 € |
| Financiación Banco Social | 29 x 0,039400 Eur | 1,13 € |
| Coste tope gas RDL 16/2022* | 582 kWh x 0,001632 Eur/kWh | 0,94 € |
| Impuesto electricidad | 127,86 Eur x 0,55 % | 0,69 € |
| Alquiler del contador | | 10,47 € |
| Importe total | | 136,97 € |
| IVA normal (21%) | 21% s/ 136,97 | 29,19 € |
| TOTAL IMPORTE FACTURA | | 166,16 € |

Incluido en el importe facturado está el coste del peaje de transporte y distribución, que ha sido de 14,44 € (3,00 € potencia, 6,44 € por energía activa), y de los cargos, que ha sido de 11,25 € (3,03 € potencia, 9,22 € por energía activa). Los precios de peajes de transporte y distribución han sido publicados en la Resolución de 15 de diciembre de 2022 de la CNMC (BOE 22-12-2022) y los de los cargos en la Orden TED/1212/2022 de 23 de diciembre (BOE 29-12-2022).

*Importe de la energía producida al mecanismo de ajuste regulado por el Real Decreto-Ley 10/2022, de 13 de mayo.
 En el mes de febrero de 2022, el precio medio del ajuste pagado por la demanda al OMIE en compensación por el mecanismo de ajuste (tope del gas) fue de -1,42 €/MWh.
 El precio indicador del mecanismo de ajuste regulado por el RDL 10/2022 en el mes de febrero de 2022, el precio medio de mercado en el mercado diario de electricidad fue de 103,87 €/MWh, el precio medio incluyendo el ajuste pagado por la demanda al OMIE en compensación por el mecanismo de ajuste (tope del gas) fue de 132,86 €/MWh, y el precio medio que habría resultado sin el mecanismo de ajuste habría sido de 139,09 €/MWh.
 En virtud del Real Decreto-Ley 17/2021, de 14 de septiembre, el impuesto especial sobre la electricidad aplicable a su factura se encuentra reducido del 5,17286427% al 0,9%.

LECTURAS **EXCEDENTES**
 A efectos de facturación de la tarifa de acceso.

| | 15/02/2022 | | Módulo | Ajuste | Consumo |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------|--------|---------|
| | Lectura tarif | Lectura real | | | |
| ENERGÍA ACTIVA kWh | | | | | |
| P1 1.58.1 | 0 | 0 | 1 | 318 | 0 |
| P2 1.58.2 | 0 | 0 | 1 | 120 | 0 |
| P3 1.58.3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| P4 1.58.4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P5 1.58.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P6 1.58.6 | 0 | 0 | 1 | 239 | 0 |
| ENERGÍA REACTIVA kWh | | | | | |
| P1 1.58.1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P2 1.58.2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P3 1.58.3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P4 1.58.4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P5 1.58.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| P6 1.58.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| EXCEDENTES kWh | | | | | |
| P1 1.58.1 | | 1,376 | Y | | 1,376 |
| P2 1.58.2 | | 1,158 | Y | | 1,158 |
| P3 1.58.3 | | 0,000 | Y | | 0,000 |
| P4 1.58.4 | | 0,000 | Y | | 0,000 |
| P5 1.58.5 | | 0,000 | Y | | 0,000 |
| P6 1.58.6 | | 0,000 | Y | | 0,000 |

| ENERGÍA REACTIVA INDUCTIVA | | | |
|---|---------|-------------|------------|
| Periodo facturación | Consumo | Coste | A facturar |
| P1 | 0 | 1,001 | 0 |
| P2 | 0 | 1,001 | 0 |
| P3 | 0 | 0 | 0 |
| P4 | 0 | 0 | 0 |
| P5 | 0 | 0 | 0 |
| P6 | 0 | 1,001 | 0 |
| Se facturará energía reactiva inductiva que supere el 20% de la activa consumida P6 | | | |
| EXCEDENTES DE REACTIVAS | | | |
| Periodo facturación | Consumo | Importancia | A facturar |
| P1 | 3,000 | 1,354 | 0,000 |
| P2 | 3,000 | 1,158 | 0,000 |
| P3 | 3,000 | 0,000 | 0,000 |
| P4 | 3,000 | 0,000 | 0,000 |
| P5 | 3,000 | 0,000 | 0,000 |
| P6 | 15,001 | 0,000 | 0,000 |
| Se facturará excedentes de potencia reactiva que exceda la contratada. | | | |





Endesa Energía, S.L. - Consumidor
CIF: A61940071
Calle de la Luz, 17803000 - Madrid

DATOS DE LA FACTURA

Nº factura: [REDACTED]
Referencia: [REDACTED]
Fecha emisión factura: 20/03/2023
Período de facturación: del 06/02/2023 a 05/03/2023 (27 días)
Fecha de cargo: 27 de marzo de 2023

- CPP CALERUEGA 13
CALERUEGA 11 GAR
28003 MADRID
MADRID

RESUMEN DE LA FACTURA Y DATOS DE PAGO

| | |
|--------------|-----------------|
| Potencia | 43,73 € |
| Energía | 33,81 € |
| Otros | 2,25 € |
| Impuestos | 30,19 € |
| Total | 100,38 € |

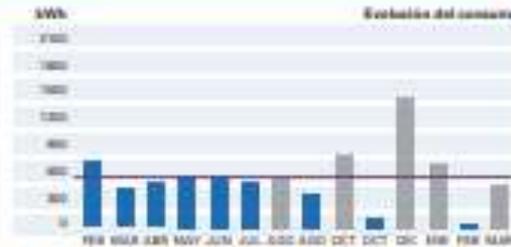
(Detalle de la factura en el reverso)

Forma de pago: Domiciliación bancaria
Fecha de cargo: 27 de marzo de 2023
IBAN: [REDACTED]
Cód. Mandato: [REDACTED]
Versión: 0000
Su pago se justifica con el correspondiente aparte bancario

INFORMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO

De 06/02/2023 a 05/03/2023 (27 días)

Consumo total: 480 kWh



■ Consumo Real
 ■ Consumo Estimado
 ■ Media
 Coste en esta factura: 6,26 €/kWh
 Coste anterior 11 meses: 6,30 €/kWh
 Consumo último año: 7.261 kWh
 Los períodos anteriores disminuyen en el último año han sido: 2.4 mil en FY (previo) y 2.1 kWh en FY (actual).

En esta factura el consumo:
[REDACTED]

DATOS DEL CONTRATO

Titular del contrato: - C/P CALERUEGA 13
NIF: ██████████
Dirección de suministro: CALERUEGA 11 GAB MADRID, MADRID
Contrato de mercado libre: Tiempo 24 horas
Referencia de contrato de suministro: 13603660363
Potencias contratadas: punta 13,856 kW, valle 13,856 kW
Fin de contrato de suministro: 00/11/2023 (renovación anual automática)
Permanencia: No

CUPS: ██████████
Distribuidora: ██████████
Referencia del contrato de acceso: ██████████
Peso de transporte y distribución: 1.070
Segmento de carga: 1
Nº contador: ██████████

DETALLE DE LA FACTURA

| | |
|--|-----------------|
| Potencia | 43,73 € |
| Por Punta 13,856 kW x 0,190759 €/kWh x 27 días | 39,84 € |
| Por valle 13,856 kW x 0,011153 €/kWh x 27 días | 3,29 € |
| Energía | 33,81 € |
| Consumos al Consumo 889 kWh x 0,198801 €/kWh | 32,61 € |
| Valores | 3,29 € |
| Porcentaje Base Coste 27 días x 0,039645 €/día | 1,08 € |
| Porcentaje de coste 27 días x 2,206615 €/día | 1,21 € |
| Impuestos | 38,19 € |
| Impuesto electricidad (136,58 X 0,360000 %) | 4,99 € |
| IVA normal 21% (4.142,49) | 26,50 € |
| TOTAL | 169,96 € |

Este es un extracto de un documento técnico de gestión regulado por el RD 1663/2002. En el caso de facturas de 2021, el precio medio de suministro en el mercado libre de electricidad fue de 133,47 €/MWh, el precio medio incluyendo el ajuste pagado por los usuarios al CNMC en compensación por el mecanismo técnico (tipo neto) fue de 132,22 €/MWh, y el precio medio que incluye resultado de un mecanismo técnico futuro será de 138,09 €/MWh.

En virtud del Real Decreto ley 17/2021, de 11 de septiembre, el impuesto especial sobre la electricidad aplicable a la factura por consumo reducido del 5,1128432% al 5,5%.

Incluido en el importe facturado está el coste del pago de transporte y distribución, que ha sido de 23,68 € (24,14 € neto), 6,34 € por energía activa, y de los costes, que ha sido de 32,77 € (32,29 € neto), 7,82 € por energía inactiva. Los precios de compra de transporte y distribución han sido publicados en la Resolución de 15 de noviembre de 2021 de la CNMC (RD 20/12/2021) y los de los costes en la Orden TEO/131/2022 de 20 de diciembre (RD 26/12/2022). El precio del alquiler del contador ha sido publicado en la Orden IET/1881/2022 de 5 de agosto.

DESTINO DEL IMPORTE DE LA FACTURA

El importe total de la factura tiene este destino:

- 27,32% Energía: Incluye: tarifa eléctrica, el coste de la energía en el momento, los pagos por capacidad y la retribución al Operador del Sistema (POS) y al Operador de Redes (OR).
- 0,77% Alquiler de contador
- 11,72% Impuestos
- 16,25% Pago de transporte y distribución: Retribuyen los costes de transporte y distribución
- 4,32% Cargas: Incluye la retribución a los servicios, generación y gestión (REGTRG) 0,00%, los servicios de alta tensión (SAT), el coste de la generación en TSP (servicio de generación) 13,20% y otros 1,02%.

INFORMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO
A efectos de facturación de los meses y cargas

| Periodo | 06/01/2023 | 05/02/2023 | Multip. | Ajuste | Consumo |
|----------------|--------------|------------------|---------|--------|------------|
| | Lectura real | Lectura estimada | | | |
| Energía | | | | | kWh |
| Punta | 26.118 | 26.281 | 1 | 0 | 123 |
| Valle | 30.837 | 31.040 | 1 | 0 | 121 |
| Valle | 5.500 | 5.759 | 1 | 0 | 262 |

INFORMACIÓN DE SU PRODUCTO

Con esta tarifa deflata el precio de la energía, con el que se compensa de las variaciones del mercado.

INFORMACIÓN PARA EL CONSUMIDOR

Código QR y enlace <http://consumidor.comc.gov.es> para acceder al Comparador de Clientes de la CNMC:



ATENCIÓN AL CLIENTE

Atención / Reclamaciones
900780929 (gratuito, disponible 24h)
www.unidasonline.com
atencionalcliente@unidasonline.com
C/ Ribera del Loira 60 - 28042 Madrid (solo correo postal)

Unidas Energía está adherido al Sistema Estatal de Consumo. Para acceder la información sobre las reclamaciones, que pueden ser resueltas a través del sistema consultar www.madridconsumo.com

Este es un extracto de un documento técnico de gestión regulado por el RD 1663/2002, y el precio de la electricidad en el momento de suministro y facturación. También están disponible la Oficina Municipal de Información al Consumidor (OMIC) de la localidad o, en su caso, la Dirección General de Consumo o de Inspección de la comunidad autónoma.

Averías / Urgencias distribuidora
906 333 322 - UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN S.A.



ANEXO IV. SIMULACIÓN CON PVSYST





PVsyst V7.3.4
VCO, Simulation date:
29/05/23 10:29
with v7.3.4

Project: Alejandro Parreño - TFG

Variant: Nueva variante de simulación

Project summary

| Geographical Site | Situation | Project settings |
|--|--|------------------|
| Calereaga 11 Spain | Latitude: 40.48 °N Longitude: -3.67 °W Altitude: 740 m Time zone: UTC+1 | Albedo: 0.20 |
| Meteo data calereaga 11 Meteonorm E-1 (1996-2015), Stat=0% - Simélico | | |

System summary

| Grid-Connected System | No 3D scene defined, no shadings | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Simulation for year no 25 | | |
| PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth: 30 / 0 ° | Near Shadings No Shadings | User's needs Monthly values |
| System information | | |
| PV Array | Inverters | |
| Nb. of modules: 24 units | Nb. of units: 1 unit | |
| Power total: 8.88 kWp | Power total: 8.00 kWac | |
| | Power ratio: 1.110 | |

Results summary

| | | |
|------------------------------------|--|----------------------------|
| Produced Energy: 12025.08 kWh/year | Specific production: 1423 kWh/kWp/year | Perf. Ratio PR: 89.11 % |
| Used Energy: 15848.00 kWh/year | | Solar Fraction SF: 37.90 % |

Table of contents

| | |
|---|---|
| Project and results summary | 2 |
| General parameters, PV Array Characteristics, System losses | 3 |
| Main results | 5 |
| Loss diagram | 6 |
| Prod. graphs | 7 |
| Single-line diagram | 8 |
| CO ₂ Emission Balance | 9 |



PVsyst V7.3.4
VCO, Simulation date:
29/05/23 10:29
with v7.3.4

Project: Alejandro Parreño - TFG

Variant: Nueva variante de simulación

General parameters

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth

30 / 0°

Shade configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez

Diffuse Perez, Meteonorm

Circumsclear separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Monthly values

| Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May | June | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1.25 | 0.99 | 1.32 | 1.21 | 1.25 | 1.13 | 0.80 | 1.10 | 1.03 | 1.20 | 1.16 | 1.32 | 13.8 | MWh/m ² |

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Generic

Model

JAM60-S20-370-MR

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

370 Wp

Number of PV modules

24 units

Nominal (STC)

8.88 kWp

Modules

2 Strings x 12 in series

At operating cond. (55°C)

Pmpp

8.10 kWp

Ump

375 V

Imp

22 A

Total PV power

Nominal (STC)

8 kWp

Total

24 modules

Module area

44.8 m²

Inverter

Manufacturer

Generic

Model

SUNDD00-SKTL-M1-400V

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

8.00 kWac

Number of inverters

1 unit

Total power

8.0 kWac

Operating voltage

140-980 V

Max. power (T=52°C)

8.00 kWac

Power ratio (DC/AC)

1.11

Power sharing within this inverter

Total inverter power

Total power

8 kWac

Max. power

8.8 kWac

Number of inverters

1 unit

Power ratio

1.11

Array losses

Array Soiling Losses

Loss Fraction

1.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

286 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction

2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction

0.2 %

Module average degradation

Year no

25

Loss factor

0.4 %/year

Mismatch due to degradation

Imp RMS dispersion

0.4 %/year

Vmp RMS dispersion

0.4 %/year



Project: Alejandro Parreño - TFG

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.3.4

VCO, Simulation date:
26/05/23 10:29
with v7.3.4

Array losses

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.525, n(AR)=1.200

| 0° | 30° | 50° | 60° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.000 | 0.999 | 0.987 | 0.962 | 0.892 | 0.816 | 0.681 | 0.440 | 0.000 |

System losses

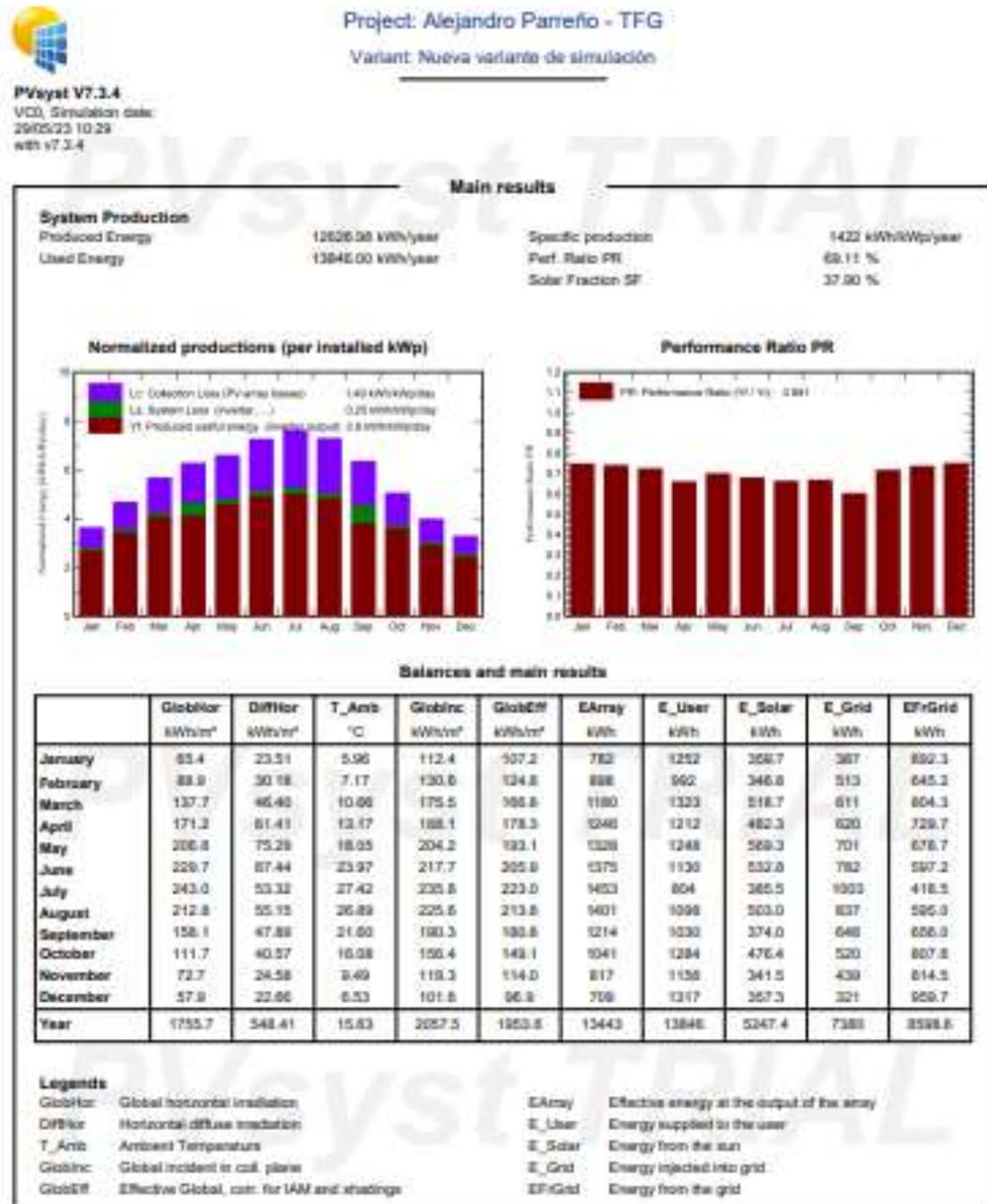
Unavailability of the system

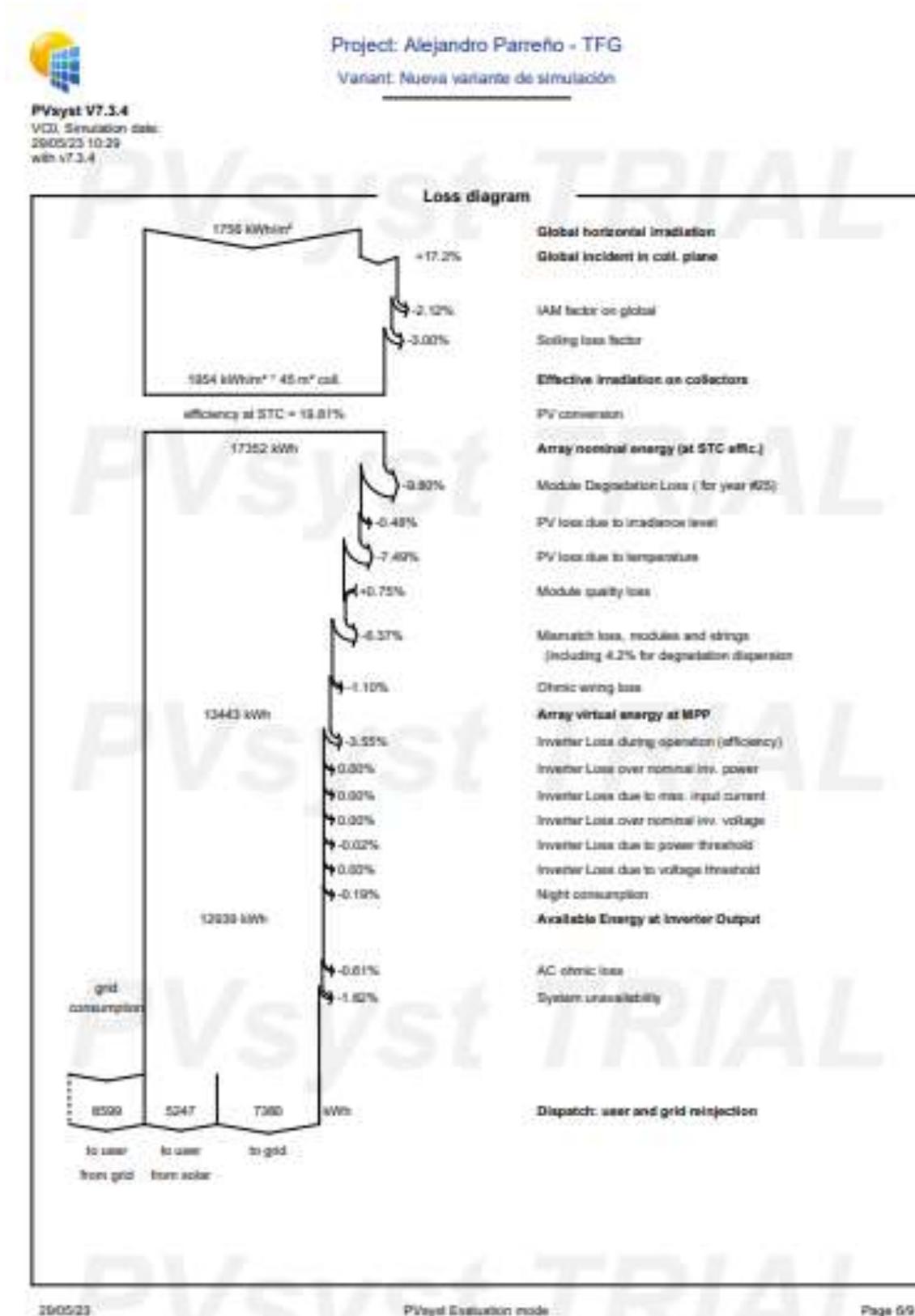
Time fraction: 2.0 %
7.3 days,
3 periods

AC wiring losses

Inverter output line up to injection point

Inverter voltage: 400 Vac tri
Loss Fraction: 1.23 % at STC
Inverter: SUN2005-SKTL-M1-400V
Wire section (1: Inv.): Copper 1 x 3 x 3 mm²
Wire length: 30 m



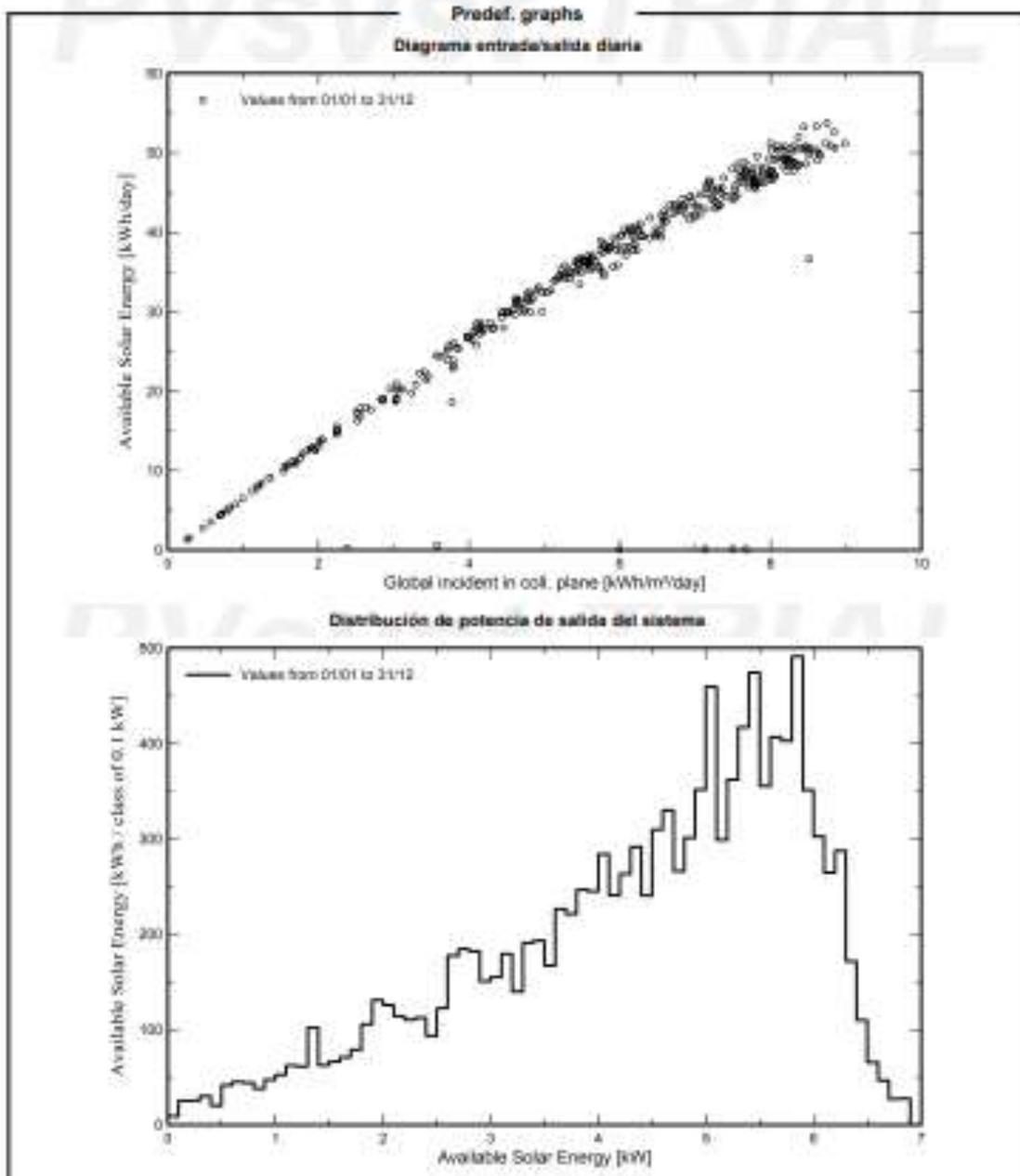




PVsyst V7.3.4
V00. Simulation date:
28/05/23 10:29
with v7.3.4

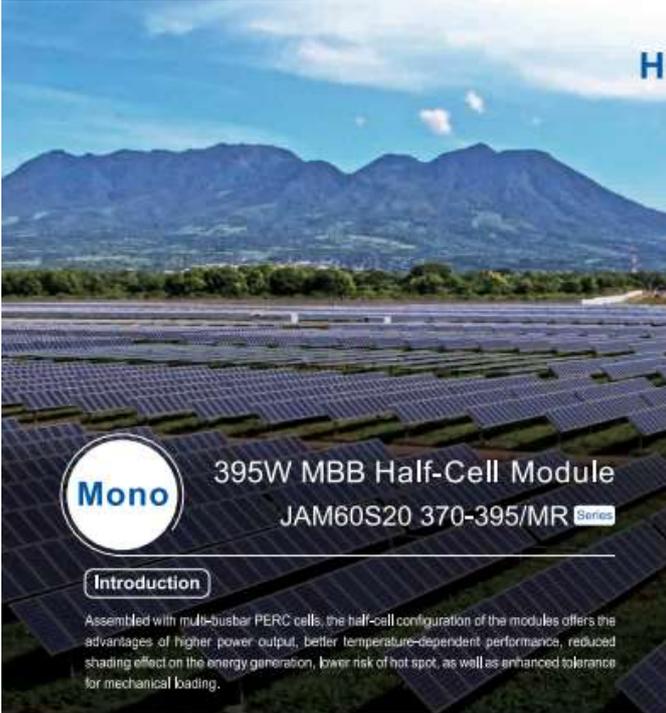
Project: Alejandro Parreño - TFG

Variant: Nueva variante de simulación



ANEXO V. FICHAS TÉCNICAS

Harvest the Sunshine



Mono

395W MBB Half-Cell Module
JAM60S20 370-395/MR Series

Introduction

Assembled with multi-junction PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.





Higher output power



Lower LCOE



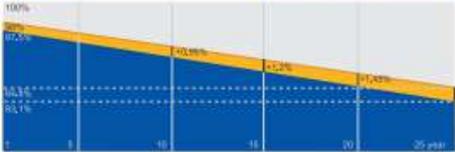
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

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



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



JA SOLAR

www.jasolar.com

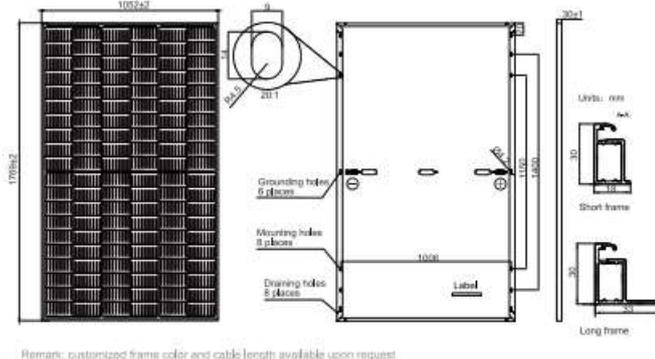
Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



JA SOLAR

JAM60S20 370-395/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

| | |
|------------------------------------|---|
| Cell | Mono |
| Weight | 20.2kg |
| Dimensions | 1769±2mm×1052±2mm×30±1mm |
| Cable Cross Section Size | 4mm ² (IEC) ,12 AWG(UL) |
| No. of cells | 120(6×20) |
| Junction Box | IP68, 3 diodes |
| Connector | MC4-EVO2/ QC 4.10-35 |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-) |
| Packaging Configuration | 36pcs/Pallet 936pcs/40HQ Container |

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE | JAM60S20 -370/MR | JAM60S20 -375/MR | JAM60S20 -380/MR | JAM60S20 -385/MR | JAM60S20 -390/MR | JAM60S20 -395/MR |
|--|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Rated Maximum Power(Pmax) [W] | 370 | 375 | 380 | 385 | 390 | 395 |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 41.30 | 41.45 | 41.62 | 41.78 | 41.94 | 42.07 |
| Maximum Power Voltage(Vmp) [V] | 34.23 | 34.50 | 34.77 | 35.04 | 35.33 | 35.62 |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 11.35 | 11.41 | 11.47 | 11.53 | 11.58 | 11.63 |
| Maximum Power Current(Imp) [A] | 10.81 | 10.87 | 10.93 | 10.99 | 11.04 | 11.09 |
| Module Efficiency [%] | 19.9 | 20.2 | 20.4 | 20.7 | 21.0 | 21.2 |
| Power Tolerance | 0→+5W | | | | | |
| Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc}) | +0.044%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc}) | -0.272%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp}) | -0.350%/°C | | | | | |
| STC | Irradiance 1000W/m ² , 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.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

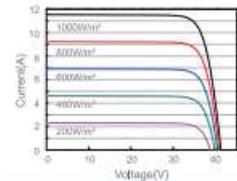
| TYPE | JAM60S20 -370/MR | JAM60S20 -375/MR | JAM60S20 -380/MR | JAM60S20 -385/MR | JAM60S20 -390/MR | JAM60S20 -395/MR |
|--------------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Rated Max Power(Pmax) [W] | 280 | 284 | 287 | 291 | 295 | 299 |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 38.65 | 38.89 | 39.14 | 39.38 | 39.63 | 39.78 |
| Max Power Voltage(Vmp) [V] | 32.30 | 32.55 | 32.72 | 32.96 | 33.20 | 33.44 |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 9.20 | 9.25 | 9.30 | 9.35 | 9.40 | 9.45 |
| Max Power Current(Imp) [A] | 8.66 | 8.71 | 8.78 | 8.83 | 8.88 | 8.93 |
| NOCT | Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G | | | | | |

OPERATING CONDITIONS

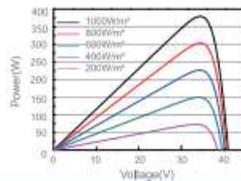
| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| Maximum System Voltage | 1000V/1500V DC |
| Operating Temperature | -40°C→+85°C |
| Maximum Series Fuse Rating | 20A |
| Maximum Static Load.Front | 5400Pa (112 lb/ft ²) |
| Maximum Static Load.Back | 2400Pa (50 lb/ft ²) |
| NOCT | 45±2°C |
| Safety Class | Class II |
| Fire Performance | UL Type 1 |

CHARACTERISTICS

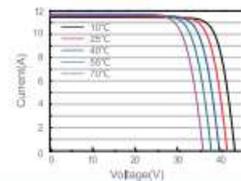
Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Power-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No.: Global_EN_20220512A

Smart Energy Controller SUN2000-3-10KTL-M1 (High Current Version)



Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer¹



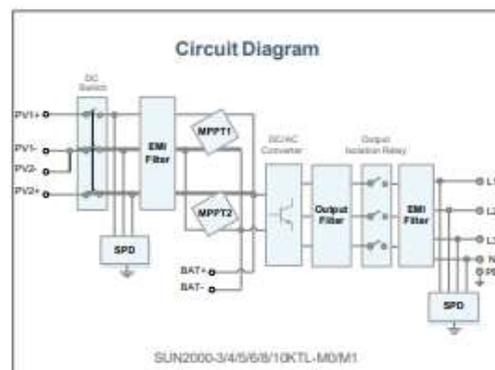
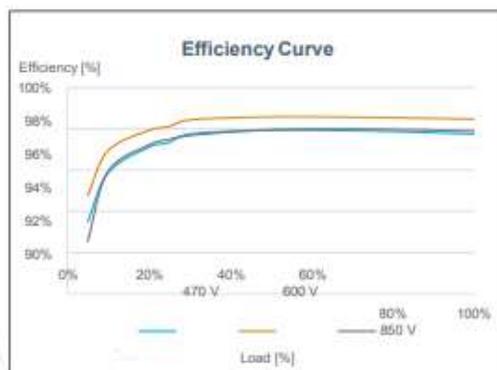
Battery Ready

Plug & Play battery interface²



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



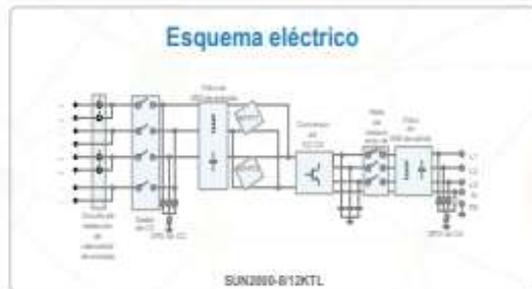
¹ Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy controller.
² SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021.



Inversor de String Inteligente (SUN2000-8/12KTL)

| Especificaciones técnicas | SUN2000-8KTL | SUN2000-12KTL |
|---|---|--|
| Eficiencia | | |
| Eficiencia máxima | 98.5% | 98.5% |
| Eficiencia europea | 98.0% | 98.0% |
| Entrada | | |
| Máx. tensión de entrada | 1.000 V | 1.000 V |
| Máx. intensidad por MPPT | 18 A | 18 A |
| Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT | 25 A | 25 A |
| Tensión de entrada mínima | 250 V | 250 V |
| Rango de tensión de operación de MPPT | 200 V - 950 V | 200 V - 950 V |
| Tensión nominal de entrada | 620 V | 620 V |
| Máx. número de entradas | 4 | 4 |
| Número de MPPT | 2 | 2 |
| Salida | | |
| Potencia nominal activa de CA | 8.000 W | 12.000 W |
| Máx. potencia aparente de CA | 8.800 VA | 13.200 VA |
| Máx. potencia activa de CA (cosφ=1) | 8.800 W | 13.200 W |
| Tensión nominal de salida | 220 V / 380 V, 230 V / 400 V, 3W+N+PE | 220 V / 380 V, 230 V / 400 V, 3W+N+PE |
| Frecuencia nominal de red de CA | 50 Hz / 60 Hz | 50 Hz / 60 Hz |
| Intensidad de salida nominal | 12.2 A @380 V / 11.5 A @400 V | 18.3 A @380 V / 17.4 A @400 V |
| Máx. intensidad de salida | 13.4 A | 20 A |
| Factor de potencia ajustable | 0.8 LG ... 0.8 LD | 0.8 LG ... 0.8 LD |
| Máx. distorsión armónica total | < 3% | < 3% |
| Protecciones | | |
| Seccionador CC | SI | SI |
| Protección anti-ola | SI | SI |
| Protección contra sobrintensidad de CA | SI | SI |
| Protección contra polaridad inversa de CC | SI | SI |
| Monitorización de strings | SI | SI |
| Protector contra sobrintensidad de CC | Tipo II | Tipo II |
| Protector contra sobrintensidad de CA | Tipo II | Tipo II |
| Detección de aislamiento de CC | SI | SI |
| Unidad de monitorización de la intensidad Residual | SI | SI |
| Comunicación | | |
| Visualización | LCD gráfica | LCD gráfica |
| RS485 | SI | SI |
| USB | SI | SI |
| General | | |
| Dimensiones (ancho x alto x profundo) | 520 x 610 x 266 mm (20.5 x 24.0 x 10.5 pulgadas) | 520 x 610 x 266 mm (20.5 x 24.0 x 10.5 pulgadas) |
| Peso (incluido soporte de montaje) | 42 kg (92.6 lb.) | 42 kg (92.6 lb.) |
| Rango de temperatura de operación | -25°C - 60°C (-13°F - 140°F) | -25°C - 60°C (-13°F - 140°F) |
| Enfriamiento | Convección natural | Convección natural |
| Altitud de operación | 3,000 m (9,842 ft.) | 3,000 m (9,842 ft.) |
| Humedad relativa | 0 - 100% | 0 - 100% |
| Conector de CC | Amphenol Helios H4 | Amphenol Helios H4 |
| Conector de CA | Amphenol C16/3 | Amphenol C16/3 |
| Clase de protección | IP65 | IP65 |
| Topología | Sin transformador | Sin transformador |
| Cumplimiento de normas (Más información disponible a pedido) | | |
| Certificados | EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116 | |
| Códigos de red | IEC 61727, NBT 32004-2013, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, GB312 (Only 8KTL), GB93 (Only 12KTL), UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, C10/11, EN 50438-Ireland, EN 50438-Turkey, AS 4777, PEA (Only 12KTL), NRS 987.3.1 | |

El foto y los datos están sujetos a cambios sin previo aviso. Se reservan todos los derechos. Huawei no es responsable de errores de impresión o de otros tipos. Para obtener mayor información, visite el sitio web solar.huawei.com. Versión No. 01 (202009)



Always Available for Highest Yields

solar.huawei.com/es/

