



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN HOSPITAL Y
AHORRO CON ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Juan Antonio Urieta Lozano

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Eficiencia energética en un hospital y ahorro con energías renovables
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.: Juan Antonio Urieta Lozano

Fecha: 16/07/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 16/07/2023

MATA GARCIA
LUIS JAVIER -
09793455D

Firmado digitalmente por
MATA GARCIA LUIS JAVIER
- 09793455D
Fecha: 2023.07.18 11:33:17
+02'00'



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN HOSPITAL Y AHORRO CON ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Juan Antonio Urieta Lozano

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN HOSPITAL Y AHORRO CON ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Urieta Lozano, Juan Antonio.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en realizar una instalación de placas solares en un hospital, con el fin de mejorar la eficiencia energética y conseguir un ahorro económico en el edificio. Gracias al uso de energías renovables para llevar a cabo este proyecto, se contribuye con el frenado del cambio climático y se ayuda a tener un planeta más verde. En el proyecto se realiza un análisis técnico y económico sobre la viabilidad de llevarlo a cabo.

Palabras clave: Paneles, renovable, autoconsumo, eficiencia.

1. Introducción.

Las nuevas políticas impulsan el desarrollo de nuevas instalaciones de energía renovables, debido a la escasez de energía derivada de los conflictos internacionales entre Ucrania y Rusia. Simultáneamente se busca frenar el cambio climático y crear un planeta más verde, siendo todo ello indicadores de el gran impacto que tienen las energías renovables en el contexto actual.

La necesidad imperiosa que existe por crear nuevas tecnologías que permitan abastecer la creciente demanda de energía, impulsa a la realización de proyectos en los que se mejore la eficiencia energética.

Por todas estas razones, la necesidad de llevar a cabo proyectos de esta índole es cada vez mayor. La construcción de una instalación de paneles solares destinada al autoconsumo contribuye a mejorar la eficiencia energética del proyecto y además conlleva un ahorro económico.

La instalación se va a llevar a cabo en el edificio de consultas externas del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza, con dirección calle de Domingo Miral, s/n, 50009.

2. Definición del Proyecto.

El objetivo principal del proyecto consiste en mejorar el rendimiento energético del edificio llegando a generar en torno al 70% de la energía consumida por el edificio. Para ello se realiza un estudio de los consumos mensuales y anuales del edificio con el fin de estimar cuanta energía va a ser necesaria que genere la instalación.

Los principales factores a tener en cuenta son la superficie con la que cuenta el tejado del edificio, la latitud de la localidad donde se encuentra y las horas de luz solar anuales. A partir de estos datos se realiza una búsqueda de los módulos más convenientes para la instalación, así como la orientación y la inclinación en la que se van a colocar. Tras escoger los módulos se elige el inversor que mejores cualidades tenga para el proyecto, estudiando el rendimiento de los distintos inversores posibles.

Tras escoger todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, se realiza un estudio sobre la eficiencia de la instalación, teniendo en cuenta las pérdidas que pueden generar la orientación de las placas, el cableado e incluso hasta el inversor.

Para concluir el proyecto se realiza un estudio económico del mismo en el cual se verán los beneficios que aporta la instalación. Se realizará un estudio de los flujos de cajas durante los años de vida útil de los módulos, comprobando así a partir de que año se recupera la inversión inicial. Para determinar si el proyecto es viable económicamente o no, se calcularán el VAN y el TIR, los cuales determinan la rentabilidad de la instalación.

3. Resultados

Una vez realizados los estudios mencionados con anterioridad, se han obtenido los siguientes resultados.

En primer lugar, para cumplir el propósito de generar el 70% de la demanda del edificio, se debería generar 260.145,9 kWh anuales. Para comenzar con el estudio del proyecto se mide la superficie que proporciona el tejado del edificio para realizar la instalación. El espacio de la cubierta que se encontraría disponible para realizar la instalación mide 3048 m².



Para poder seleccionar los paneles solares que se van a necesitar, se analiza cual debe de ser la potencia instalada con la que tiene que contar el sistema. Usando las horas de pico de sol de la ubicación y la energía que se necesita generar resulta una potencia de 95 kW.

El resultado más óptimo según el Excel que se ha empleado para seleccionar los módulos y el inversor, ha sido utilizar 460 módulos del modelo REC Premium-235 y el INVERSOR III 100 kW de ENERTRON. Los módulos se disponen en 23 ramas en paralelo con 20 módulos en serie en cada una. Una vez es conocido el número de módulos que se va a requerir, se escogen los soportes para lograr la inclinación de 31°. La distancia entre placas que se necesita como mínimo para no generar sombras que disminuyan el rendimiento del sistema es de 1,85m. La energía que se consigue producir con este sistema de módulos es de 278.059 kWh anuales, por lo que se llega a cubrir un 74,8% de la energía consumida por el edificio. Una vez estudiadas las pérdidas del sistema, se estima el rendimiento de la instalación en un 72,88%.

| | Producción | Consumo |
|---------|------------|---------|
| Enero | 14.807 | 27.568 |
| Febrero | 17.640 | 24.623 |
| Marzo | 24.494 | 26.930 |

| | | |
|------------|--------|--------|
| Mayo | 25.831 | 25.323 |
| Abril | 28.631 | 33.115 |
| Junio | 28.225 | 44.310 |
| Julio | 29.373 | 47.626 |
| Agosto | 29.089 | 46.683 |
| Septiembre | 26.512 | 23.793 |
| Octubre | 22.791 | 19.397 |
| Noviembre | 16.623 | 25.282 |
| Diciembre | 14.036 | 26.987 |

En cuanto al estudio económico del proyecto el coste total de los componentes de la instalación suma la cifra de 117.915,83 €. Sin embargo, si se tienen en cuenta los costes que suponen legalizar el proyecto y la mano de obra necesaria para llevar a cabo la instalación el coste inicial de la instalación asciende a 133.921,11 €. Calculando los flujos de caja de cada año de vida del sistema se puede ver como se empieza a recuperar el dinero invertido a partir del cuarto año.

Finalmente, si se observan los datos sobre el valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad, se puede apreciar la rentabilidad del proyecto.

$$\text{VAN} = 186.989,59 \text{ €}.$$

$$\text{TIR} = 33\%.$$

4. Conclusiones

Una vez estudiadas las grandes ventajas que aporta realizar una instalación de placas solares para autoconsumo, se puede aconsejar la implementación de la instalación. Para poder realizar esta afirmación se ha realizado tanto un estudio técnico como económico, los cuales han mostrado la viabilidad del proyecto.

Además, tras observar los datos tan positivos que arroja el estudio económico como un VAN de 186.989,59 € y un TIR del 33% se puede afirmar con seguridad que el proyecto resultará muy beneficioso para el edificio.

ENERGY EFFICIENCY IN A HOSPITAL AND SAVINGS WITH RENEWABLE ENERGIES

Author: Urieta Lozano, Juan Antonio.

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project consists of installing solar panels in a hospital, with the aim of improving energy efficiency and achieving economic savings in the building. Thanks to the use of renewable energies to carry out this project, it contributes to slowing down climate change and helps to have a greener planet. The project includes a technical and economic analysis of the feasibility of carrying it out.

Keywords: Panels, renewable, self-consumption, efficiency.

1. Introduction

The new policies encourage the development of new renewable energy installations, due to energy shortages resulting from international conflicts between Ukraine and Russia. At the same time, the aim is to curb climate change and create a greener planet, all of which are indicators of the great impact that renewable energies have in the current context.

The imperative need to create new technologies to meet the growing demand for energy is driving the development of projects to improve energy efficiency.

For all these reasons, the need for such projects is growing. The construction of a solar panel installation for self-consumption contributes to improving the energy efficiency of the project and also leads to economic savings.

The installation is going to be carried out in the outpatients building of the Lozano Blesa University Clinic Hospital in Zaragoza, with address Calle de Domingo Miral, s/n, 50009.

2. Project definition

The main objective of the project is to improve the energy performance of the building, generating around 70% of the energy consumed by the building. To this end, a study of the building's monthly and annual consumption is carried out in order to estimate how much energy the installation will need to generate.

The main factors to take into account are the surface area of the building's roof, the latitude of the locality where it is located and the annual hours of sunlight. Based on these data, a search is made for the most suitable modules for the installation, as well as the orientation and the inclination at which they are to be placed. After choosing the modules, the inverter with the best qualities for the project is chosen, studying the performance of the different possible inverters.

After choosing all the elements necessary to carry out the project, a study is carried out on the efficiency of the installation, taking into account the losses that may be generated by the orientation of the panels, the wiring and even the inverter.

To conclude the project, an economic study of the project will be carried out in which the benefits provided by the installation will be seen. A study of the cash flows during the years of useful life of the modules will be carried out, thus verifying from which year the initial investment is recovered. To determine whether the project is economically viable or not, the NPV and IRR will be calculated, which determine the profitability of the installation.

3. Results

After carrying out the studies mentioned above, the following results have been obtained. Firstly, in order to fulfil the purpose of generating 70% of the building's demand, 260,145.9 kWh per year should be generated. To start with the project study, the surface area provided by the roof of the building for the installation is measured. The roof space that would be available for the installation measures 3048 m².

In order to select the solar panels to be used, the installed capacity of the system is analysed. Using the peak sunshine hours of the location and the energy that needs to be generated, this gives a power of 95 kW.

The most optimal result according to the Excel used to select the modules and the inverter is to use 460 modules of the REC Premium-235 model and the INVERTER III 100 kW from ENERTRON. The modules are arranged in 23 parallel strings with 20 modules in series in each string. Once the number of modules required is known, the brackets are chosen to achieve the 31° tilt. The minimum distance between plates is 1.85m so as not to generate shadows that would reduce the performance of the system. The energy produced by this system of modules is 278,059 kWh per year, which covers 74.8% of the energy consumed by the building. Once the losses of the system have been studied, the efficiency of the installation is estimated at 72.88%.

With regard to the economic study of the project, the total cost of the components of the installation amounts to 117,915.83 €. However, if the costs of legalising the project and the labour required to carry out the installation are taken into account, the initial cost of the installation amounts to 133,921.11 €. Calculating the cash flows for each year of the system's life, it can be seen that the money invested starts to be recovered from the fourth year onwards.

Finally, looking at the data on the net present value and the internal rate of return, the profitability of the project can be seen.

$$\text{VAN} = 186.989,59 \text{ €}.$$

$$\text{TIR} = 33\%.$$

4. Conclusions

Once the great advantages of installing solar panels for self-consumption have been studied, the implementation of the installation can be recommended. In order to be able

to make this statement, both a technical and an economic study have been carried out, which have shown the viability of the project.

Furthermore, after observing the very positive data provided by the economic study, such as an NPV of 186,989.59 € and an IRR of 33%, it can be safely stated that the project will be very beneficial for the building.

Índice de la memoria

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 6 |
| 1.1 Introducción y antecedentes | 6 |
| 1.2 Motivación Del Proyecto | 7 |
| 1.3 Contexto energético actual | 9 |
| 2. Estado Del Arte | 11 |
| 2.1 Tipos De Energías Renovables | 11 |
| 2.2 Elección De La Energía Renovable | 12 |
| 2.3 Funcionamiento De Los Paneles Fotovoltaicos | 16 |
| 2.4 Componentes De Una Instalación Fotovoltaica | 19 |
| 3. Normativa Para Instalaciones Fotovoltaicas. | 31 |
| 4. Objetivos Del Proyecto..... | 34 |
| 4.1 Objetivos | 34 |
| 4.2 Alineación Con Los ODS | 35 |
| 5. Definición Del Proyecto | 38 |
| 5.1 Emplazamiento | 38 |
| 5.2 Consumos Del Edificio | 39 |
| 5.3 Plano De La Cubierta..... | 41 |
| 6. Potencia De La Instalación..... | 44 |
| 7. Elección De Componentes..... | 46 |
| 7.1 Elección Del Módulo | 47 |
| 7.2 Elección Del Inversor | 48 |
| 7.3 Elección Soportes | 49 |
| 7.4 Orientación Módulos | 50 |
| 7.5 Separación Entre Placas | 51 |
| 7.5 Producción De La Instalación | 53 |
| 8. Pérdidas De La Instalación..... | 56 |
| 8.1 Cálculos De Pérdidas | 56 |

| | |
|--|---------------|
| 9. Estudio Económico..... | 62 |
| 9.1 Coste Inicial..... | 62 |
| 9.1.1 Coste Componentes | 62 |
| 9.1.2 Coste Legalización | 63 |
| 9.1.3 Coste Mano De Obra..... | 63 |
| 9.1.4 Coste ICIO..... | 63 |
| 9.1.5 Coste De Desmantelamiento | 64 |
| 9.1.6 Inversión Inicial Total..... | 64 |
| 9.2 Ingresos Del Proyecto | 64 |
| 9.3 Flujo De Caja..... | 66 |
| 9.4 VAN | 68 |
| 9.5 TIR | 68 |
| 10. Estudio De Seguridad Y Salud..... | 69 |
| <i>Bibliografía</i> | <i>71</i> |
| ANEXOS | 73 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Evolución energías renovables..... | 7 |
| Figura 2 Energía Eólica en autoconsumo | 13 |
| Figura 3 Energía de biomasa para autoconsumo | 14 |
| Figura 4 Energía geotérmica en autoconsumo..... | 14 |
| Figura 5 Energía solar en autoconsumo | 16 |
| Figura 6 Efecto fotoeléctrico | 17 |
| Figura 7 Instalación acoplada a la red | 18 |
| Figura 8 Instalación aislada de la red | 19 |
| Figura 9 Partes placa solar | 20 |
| Figura 10 Panel de silicio monocristalino | 21 |
| Figura 11 Panel de silicio policristalino | 21 |
| Figura 12 Panel de capa delgada | 22 |
| Figura 13 Conexión en serie..... | 23 |
| Figura 14 Conexión en paralelo..... | 24 |
| Figura 15 Conexión mixta | 24 |
| Figura 16 Inversor string | 25 |
| Figura 17 Microinversor..... | 26 |
| Figura 18 Optimizador de potencia | 27 |
| Figura 19 Batería de almacenamiento | 28 |
| Figura 20 Estructura soporte..... | 29 |
| Figura 21 Contador bidireccional | 30 |
| Figura 22 Objetivos de desarrollo sostenible..... | 35 |
| Figura 23 Emplazamiento..... | 38 |
| Figura 24 Plano tejado | 42 |
| Figura 25 Superficie disponible..... | 43 |
| Figura 26 Horas pico de sol..... | 44 |
| Figura 27 Hoja de Excel | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 28 Características soporte | 49 |
| Figura 29 Soporte paneles | 50 |
| Figura 30 Eficiencia según la orientación | 51 |
| Figura 31 Medidas paneles | 52 |
| Figura 32 Distancia mínima entre paneles | 52 |
| Figura 33 Pérdidas por inclinación | 57 |
| Figura 34 Pérdidas por temperatura..... | 58 |
| Figura 35 Mapa de polvo en suspensión | 61 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Consumos edificio | 40 |
| Tabla 2 Precio de la energía | 40 |
| Tabla 3 Propiedades técnicas módulos | 47 |
| Tabla 4 Propiedades físicas módulos..... | 48 |
| Tabla 5 Propiedades Inversor | 49 |
| Tabla 6 Variación de la producción de la instalación..... | 54 |
| Tabla 7 Producción del sistema | 55 |
| Tabla 8 Temperatura Zaragoza..... | 59 |
| Tabla 9 Coste elementos instalación | 63 |
| Tabla 10 Coste inicial instalación..... | 64 |
| Tabla 11 Energía anual ahorrada | 65 |
| Tabla 12 Ingresos..... | 66 |
| Tabla 13 Flujo de caja | 68 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La energía supone proporciona a la humanidad un gran número de ventajas que facilitan el desarrollo de la vida. Las mejoras que proporciona la energía van desde satisfacer las necesidades básicas del día a día mejorando así la calidad de vida, hasta ser el motor que impulsa el desarrollo económico y tecnológico que colabora con el progreso de la sociedad. El desarrollo de nuevos métodos de obtención de energía es necesario constantemente, ya que desde que se comenzó a usar para abastecer las necesidades de la población la demanda de esta solo ha hecho que crecer.

Desde la creación del primer generador eléctrico en la década de 1860 dio lugar a una segunda revolución industrial ya que colaboró a la simplificación de muchos procesos de fabricación. En un principio se utilizaron combustibles fósiles como el carbón y el petróleo. Estas fuentes se encontraban disponibles de manera muy amplia y económica, sin embargo, el aumento de la demanda, el impacto significativo en el medioambiente y la disminución de disponibilidad de estos recursos supuso la búsqueda de nuevas formas de obtención de energía.

La necesidad de encontrar fuentes de energía para abastecer la creciente demanda y frenar la contaminación del planeta dio lugar a las energías renovables. Las energías renovables, son por definición, aquellas fuentes de energía que se renuevan naturalmente y no se agotan con el uso humano. Estas son una alternativa importante y sostenible frente a los combustibles fósiles, debido a que contribuyen a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y a su infinita disponibilidad.

El aumento de la demanda de energía se debe a distintos factores, entre ellos destacan el crecimiento económico, un aumento de la población, los avances tecnológicos y cambios en el estilo de vida. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la demanda de energía

experimentó un crecimiento sustancial durante el siglo pasado. Conforme a los informes de la AIE la demanda de energía se triplicó entre 1973 y 2019, experimentando un crecimiento del 1,8% anual. Esta agencia prevé que para el año 2040 el crecimiento de la demanda sea del 25% con respecto al actual. Es por estas razones por las que es necesario que se adapten las infraestructuras y las necesidades al suministro con energías renovables.

Evolución de la potencia instalada renovable (MW)

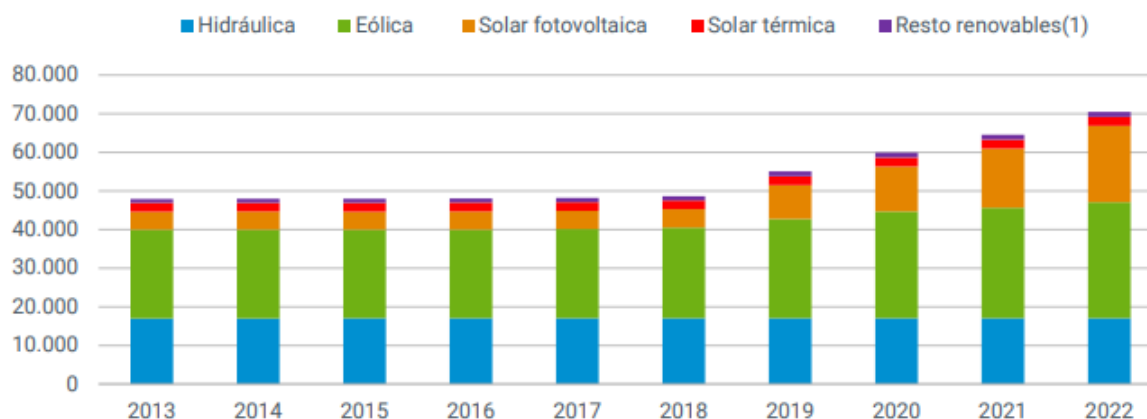


Figura 1 Evolución energías renovables

En la figura 1 se puede observar la tendencia de crecimiento que tienen las energías renovables en España, especialmente la energía solar fotovoltaica. Este tipo de obtención de energía se puede implementar en áreas urbanas aprovechando los tejados de los edificios contribuyendo así al desarrollo energético. Con este proyecto se pretende colaborar con el crecimiento de las energías renovables, ayudando así a frenar el cambio climático y contribuir a un desarrollo sostenible.

1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Tras haber estudiado el grado de ingeniería industrial y en concreto la rama eléctrica, tenía especial interés por realizar un trabajo que contribuyera a la creación de un futuro más verde

y sostenible. Es por esta razón por la que me centre en las energías renovables y sus distintas aplicaciones. Indagando en las diferentes posibilidades a las que podía optar me llamó la atención opción de realizar una instalación de placas fotovoltaicas en un edificio con el fin de reducir la emisión de gases contaminantes y mejorar la propia eficiencia del mismo edificio. La razón de hacerlo en un hospital es debido a las grandes mejoras que esto podría proporcionar a toda la población al ser un servicio público.

Con todos los conocimientos que he aprendido a lo largo de la carrera llegue a la conclusión que realizar la instalación de un sistema de paneles solares sería muy útil para ponerlos en práctica. Este es un tema que se encuentra en completo auge por lo que también creo que me ayudará a adquirir una serie de conocimientos, los cuales luego seguramente necesite en un futuro cercano.

En la actualidad la solución más eficiente para poder abastecer las necesidades energéticas de la población son las energías renovables. En cuanto a las áreas urbanas la opción que presenta mayores ventajas para satisfacer la demanda es la energía solar. Los paneles solares no producen ruidos, contaminación ni un grave impacto visual. Estos no requieren de una creación de un espacio extra que pueda ser dificultoso en una ciudad, tan solo basta con la superficie que tenga el techo del edificio.

Siendo la ubicación en España tenía mucho sentido aprovechar el gran número de horas solares de las que se dispone ya que según la Agencia Internacional de la Energía es el segundo país europeo en cuanto a lo que potencial solar significa. España cuenta además con una radiación solar media de 4,6 kWh/m², doblando a países como Reino Unido. El gobierno español está impulsando mucho esta energía debido a los objetivos que se han establecido para 2050, por lo que realizar este proyecto tiene una gran cantidad de ventajas.

1.3 CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL

La transición que se está experimentando hacia energías renovables viene impulsada por una creciente necesidad de combatir el cambio climático reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero. Las energías renovables son la gran apuesta de la sociedad para frenar el cambio climático. Estas energías son clave para cumplir las metas climáticas que muchos gobiernos se han propuesto para 2050 como por ejemplo la descarbonización [1].

Muchos gobiernos para conseguir las metas fijadas para 2050 están creando políticas de apoyo que fomentan el uso de energías renovables. Para promover el uso de estas nuevas energías en desarrollo se han fijado una serie de incentivos financieros y subvenciones con el ánimo de dejar atrás los combustibles fósiles como fuente de energía.

En cuanto a los avances tecnológicos que las energías renovables están experimentando se encuentra una mejora significativa de la eficiencia de los paneles solares y aerogeneradores. También se ha experimentado una mejora de la capacidad de almacenamiento de energía, lo cual ha ampliado las oportunidades de las energías renovables.

La invasión de Rusia a Ucrania ha tenido grandes consecuencias en el mercado eléctrico europeo. Esto es debido a la gran dependencia que tenía Europa del gas proveniente de Rusia. La interrupción del suministro del gas ruso ha llevado a los países europeos a buscar distintas alternativas para suplir la carencia de energía. Esto ha motivado que muchos países busquen una mayor diversificación del suministro de su energía, favoreciendo así el crecimiento de las energías renovables. En referencia a mi proyecto es muy conveniente la implantación de más sistemas de autoconsumo para no depender tanto de factores políticos de los cuales no tengamos el control.

La energía fotovoltaica se encuentra en pleno desarrollo en España. En el marco legal se aprobó en 2019 el Real Decreto 244/2019, que proporciona una mayor facilidad para el autoconsumo ya que elimina barreras y cargos administrativos previos que dificultaban su desarrollo. Con esta nueva normativa se establece la compensación de excedentes que

permite que se compensen económicamente los excedentes de energía producida que se inyectan en la red.

Con este proyecto se intenta contribuir a la expansión del autoconsumo en España aprovechando los beneficios que presenta el marco legal español y concienciar a la población sobre el gran beneficio que este presenta frente a los combustibles fósiles.

2. ESTADO DEL ARTE

Para estudiar el proyecto es necesario comprender de las energías renovables. Las energías renovables son aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización de recursos que llegan a reponerse con mayor rapidez de lo que se consumen. Entre las energías renovables se pueden distinguir una serie de tecnologías y fuentes de energía [2].

2.1 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

- Energía solar:

La energía solar se basa en aprovechar la radiación solar como fuente de energía. El sol es una fuente de energía que se basa en reacciones de fusión nuclear de átomos de hidrógeno que se transforman en helio irradiando así una enorme cantidad de energía. El sol es una estrella que se estima que siga activa durante miles de millones de años por lo que en términos de la vida humana es infinita.

- Energía eólica:

Consiste en utilizar la fuerza que proporciona el viento para mover las palas de un aerogenerador. El principio de esta consiste en convertir la energía cinética en electricidad mediante un generador.

- Energía hidroeléctrica:

Se utiliza en el flujo de los ríos y en embalses o presas aprovechando la energía cinética del flujo del agua para mover turbinas y generar energía eléctrica. Es la energía renovable que más aporta a la generación y una de sus principales ventajas es su flexibilidad para proporcionar energía. Esto se debe a que se puede escoger cuando y cuanto generar dependiendo de la cantidad de agua que fluya por el embalse.

- Energía de biomasa:

La energía de biomasa consigue energía eléctrica a partir de la quema de elementos como residuos orgánicos, cultivos energéticos y otro tipo de materia orgánica.

- Energía geotérmica:

Consigue captar el calor de las capas interiores de la tierra y generar energía. Para llevar a cabo este proceso es necesario instalar sobre el yacimiento una planta geotérmica que recoja el calor de los fluidos ya sean vapor o agua y lo transforme en energía eléctrica.

2.2 ELECCIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE

Para seleccionar el tipo de energía que se va a usar en el proyecto se expondrán a continuación las distintas ventajas y desventajas que proporcione cada tipo de obtención de energía. Se tendrá en cuenta el emplazamiento de la instalación y las diferentes posibilidades que proporciona.

- Energía eólica:

La energía eólica tiene la ventaja de ser una energía renovable que no produce gases de efectos invernadero además de que permite el autoabastecimiento. Sin embargo, presenta varias desventajas en cuanto al emplazamiento ya que se necesita un amplio terreno para poder llevar a cabo la instalación. Por otro lado, tendría un negativo impacto visual y acústico debido al ruido que puede hacer el generador, al tratarse de un área urbana estos son decisivos. Realizar una instalación de un sistema de energía eólica puede suponer costes iniciales muy altos por lo que no saldría rentable su instalación.

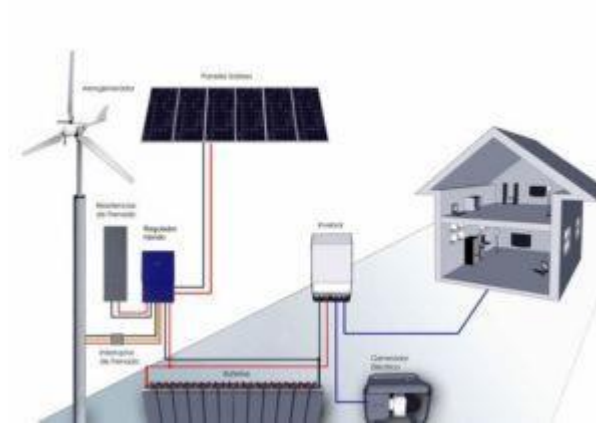


Figura 2 Energía Eólica en autoconsumo

- Energía de biomasa:

Esta fuente de energía presenta ventajas como el aprovechamiento de residuos que en vez de acabar en un vertedero proporcionan energía eléctrica. Las emisiones de carbono generadas por este proceso son ínfimas en comparación con la que producen los combustibles fósiles ayudando así al cambio climático.

Esta fuente presenta ciertas desventajas para el proyecto. La instalación de sistemas de biomasa requiere de espacios adicionales donde se puedan almacenar la biomasa y los equipos necesarios del sistema como calderas o estufas. El mantenimiento y los costes iniciales son determinantes para rechazar esta opción debido a que este sistema necesita un mantenimiento periódico. Debido a la localización del edificio, su tamaño y el acceso a la biomasa se descarta este sistema.

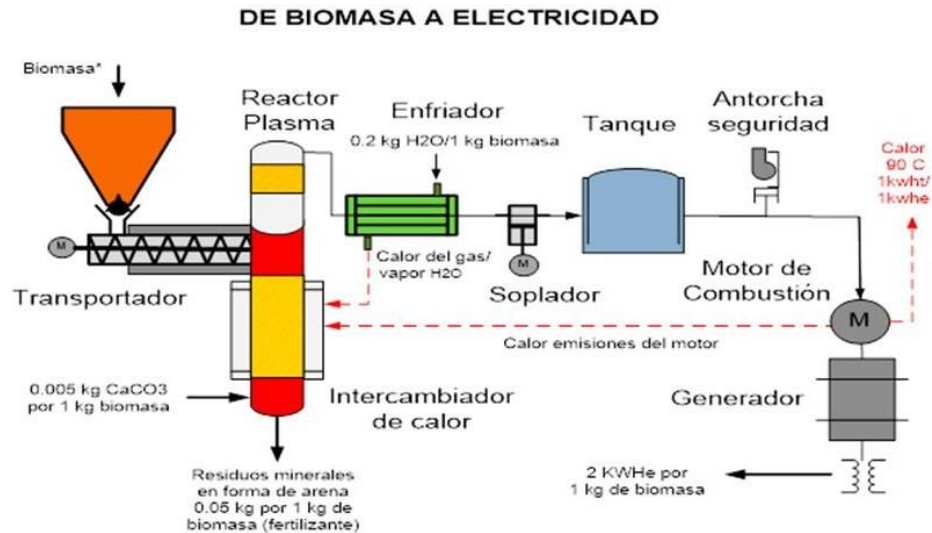


Figura 3 Energía de biomasa para autoconsumo

- Energía geotérmica:

La energía geotérmica a diferencia de la solar y de la eólica no depende de las condiciones climáticas por lo que tiene una disponibilidad constante. Su producción de gases de efecto invernadero es muy baja en comparación con los procesos convencionales de obtención de energía. Sin embargo, esta presenta una gran desventaja debido a que su emplazamiento ya que requiere de yacimientos de calor en el subsuelo. Además, esta energía puede estar relacionada con riesgos geológicos, como la liberación de gases volcánicos o incluso con la actividad sísmica.

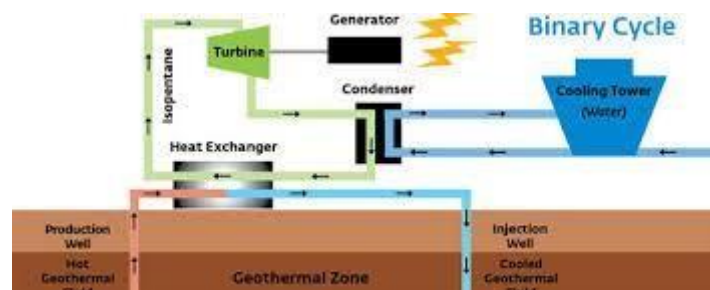


Figura 4 Energía geotérmica en autoconsumo

- Energía solar:

España es uno de los países que mayor ventaja puede obtener de la energía solar gracias a su alto número de horas de luz. En la península ibérica recibe una radiación solar diaria media de en torno unos 4,5kWh/m². La potencia que se consigue obtener del sol varía dependiendo del mes del año teniendo sus máximos en los meses de julio y agosto llegando a 0,91 kW/m².

La obtención de energía solar se puede realizar mediante dos procesos distintos, el primero es mediante centrales fotovoltaicas, y el segundo con centrales termosolares. Las centrales termosolares usan el calor que aporta el sol para calentar un fluido hasta una temperatura lo suficientemente alta para aprovecharlo en un ciclo Rankine. El otro método de obtención de energía con centrales fotovoltaicas consiste en usar paneles de diodos fotosensibles que transforman la radiación solar en electricidad.

Los paneles solares presentan un amplio número de ventajas a la hora de usarlas para autoconsumo. No necesitan de emplazamientos específicos ni de inversiones desproporcionadas para llevar a cabo su instalación lo que facilita la viabilidad del proyecto. Los paneles solares se encuentran en pleno desarrollo por lo que presentan una gran cantidad de mejoras, como su durabilidad. La vida útil de los paneles solares ronda en torno a los 30 años rentabilizando así la inversión inicial del proyecto. Además, gracias a su desarrollada tecnología requieren un mantenimiento mínimo generando electricidad de forma confiable durante un largo periodo de tiempo.

Las políticas de muchos países favorecen a la instalación de proyectos de energía solar fotovoltaica debido a las ventajas que ofrece al ser una energía renovable y limpia. Todo esto contribuye a reducir las emisiones de carbono a 0 para el año 2050. La generación solar en España en 2022 registro valores históricos, siendo la tecnología que mayor crecimiento está experimentando. Durante el año 2022 generó 31.988 GWh, lo que supone un aumento del 24,5% respecto al año 2021.



Figura 5 Energía solar en autoconsumo

Por todas estas razones la tecnología que mejor se adapta al proyecto es la solar fotovoltaica, siendo la más ventajosa a la hora de realizar una instalación enfocada al autoconsumo de un edificio. Con la gran durabilidad de la instalación se conseguirá amortizar el coste inicial de la misma.

2.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTVOLTAICOS

El principio básico para comprender el funcionamiento de esta tecnología recibe el nombre de conversión fotovoltaica. La conversión fotovoltaica se denomina a la propiedad que tienen algunos materiales semiconductores como el silicio o el germanio, y consiste en liberar electrones de valencia de sus átomos cuando la radiación solar incide sobre estos materiales. Una vez que esto ocurre se genera una diferencia de potencial eléctrico entre la superficie que recibe la radiación solar y la cara no iluminada. Para favorecer la aparición de este efecto se suele dopar a la cara que recibe la radiación con átomos que tengan una masa similar, pero con un electrón más de valencia. El mismo proceso se repite en la cara no iluminada pero esta vez con átomos que tengan un electrón menos de valencia facilitando así que capturen los electrones desprendidos de la cara superior [3].

Durante este proceso de liberación de electrones de la capa que recibe la radiación solar y la captación de estos por la capa no iluminada se crea una diferencia de tensión entre ambas de

0,7 V en el caso de usar silicio. La corriente que se genera es de corriente continua por lo que serviría para alimentar elementos que operen en corriente continua como bombillas y electrodomésticos. Sin embargo, para poder alimentar a un edificio es necesario emplear corriente alterna, por lo que será necesario emplear inversores que transformen la corriente continua en corriente alterna.

Una vez generada la electricidad se repartirá a lo largo de todo el edificio dependiendo de la demanda de los consumos. En el caso de que se produzca un excedente de energía se almacenará en una batería o se devolverá a la red. Esto se podrá llevar a cabo en el caso de que la instalación esté conectada a la red. Si la instalación se encontrara aislada de la red la única opción sería almacenar la energía sobrante en una batería.

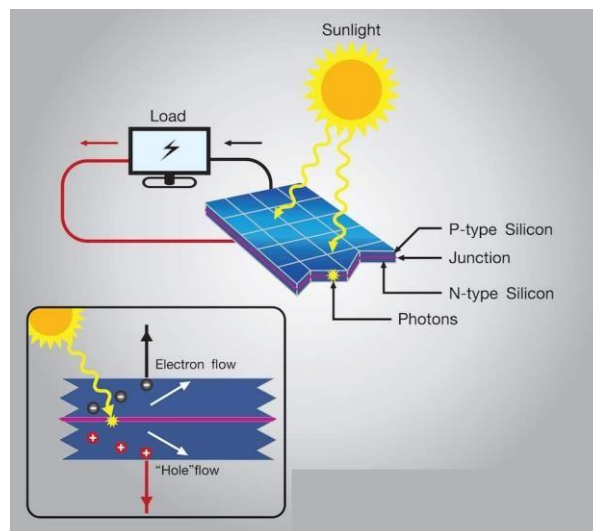


Figura 6 Efecto fotoeléctrico

Existen dos posibles tipos de instalaciones para realizar el proyecto, por un lado, la que se encuentra acoplada a la red (Grid-tied) y por otro la instalación fotovoltaica aislada.

- Instalaciones fotovoltaicas acopladas a la red (Grid-tied).

Es la clase de instalación de autoconsumo más común. La energía que generan los paneles solares es directamente consumida en ese lugar y en el caso de que se produzca un excedente este se vierte a la red. Al tener una conexión a la red se puede beneficiar cuando la energía

generada por los paneles solares no cubra la demanda solicitada. Estos sistemas de paneles solares para autoconsumo generalmente se encuentran en un baremo de potencia de 1,5 kW hasta 100 kW.



Figura 7 Instalación acoplada a la red

- Instalaciones fotovoltaicas aisladas (Off-grid).

Es un tipo de instalación que suele usarse en áreas remotas o de difícil acceso a la red eléctrica. En este caso la energía generada por los paneles solares se utiliza directamente o bien es almacenada en baterías. Esto se debe a que toda la energía que es generada en la instalación debe ser consumida en el mismo punto por lo que se usan baterías para los momentos en los que la demanda supere a la oferta. Este tipo de instalación es muy común en explotaciones ganaderas y agrícolas, las cuales suelen encontrar en emplazamientos que tienen difícil acceso a la red eléctrica.

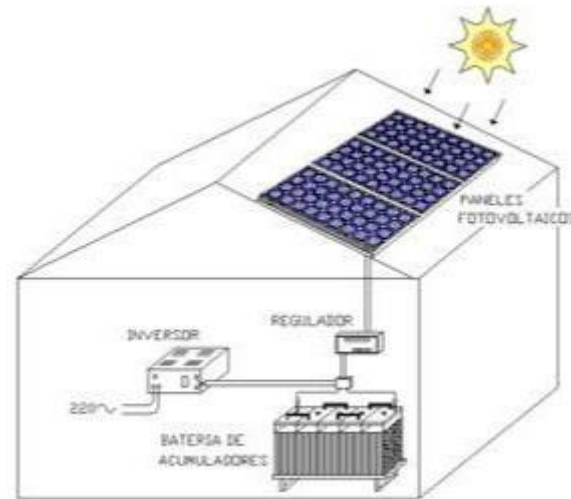


Figura 8 Instalación aislada de la red

2.4 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tras haber comprendido en rasgos generales el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y el tipo de instalación que se puede realizar, se da paso a explicar los distintos integrantes que se requieren en una instalación fotovoltaica [4].

1. Paneles Fotovoltaicos.

Las placas solares es el componente con mayor relevancia en la instalación, debido a que es el encargado de recoger la radiación solar y convertirla en energía eléctrica. Entre los paneles solares se pueden distinguir distintos componentes que lo conforman.

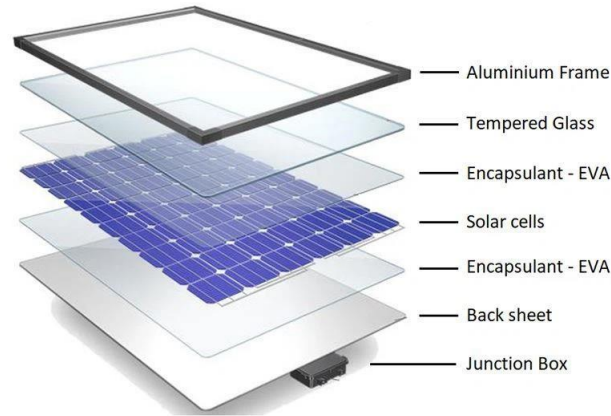


Figura 9 Partes placa solar

a) Celdas Solares:

Las celdas o módulos fotovoltaicos representan la parte más importante del panel fotovoltaico. En ellos se encuentra el material semiconductor encargado de generar electricidad a partir de la radiación solar gracias al efecto fotovoltaico explicado anteriormente. Según el tipo de celda solar se pueden diferenciar tres tipos de paneles solares [5].

- Paneles solares de silicio monocristalino.

Estas placas fotovoltaicas se encuentran compuestas por módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino, el cual presenta una apariencia bastante uniforme y una alta eficiencia. Su intención es conseguir un grado de pureza que sea el más alto posible, llegando a alcanzarlo al realizar una partición de un lingote de silicio en obleas y metalizándolo después. Se caracterizan por su alto rendimiento en espacios reducidos y con baja luminosidad. Se caracterizan por su larga durabilidad siendo una mejor opción si se busca rendimiento a largo plazo.



Figura 10 Panel de silicio monocristalino

- Paneles solares de silicio policristalino.

Son una de las tecnologías más usadas debido a que presentan un menor coste que las placas monocristalinas. Estas celdas se obtienen a partir de la fundición de un lingote de silicio y su posterior lento enfriamiento. En cuanto a su eficiencia es un poco menor que los anteriores produciendo así menos energía por unidad de superficie.



Figura 11 Panel de silicio policristalino

- Paneles de capa delgada (Thin-Film).

Estas están compuestas por una o varias películas finas de un material fotovoltaico que se depositan sobre un sustrato, tal como vidrio, plástico o metal. Tiene la ventaja de ser mucho más fina que la celda solar de silicio aportando una mayor flexibilidad y un peso menor. Se utilizan en instalaciones de gran tamaño, debido a su menor rendimiento es necesario disponer de más espacio para poder instalas un mayor número de placas.



Figura 12 Panel de capa delgada

b) Marco:

El marco consiste en la estructura metálica que se encuentra rodeando a la placa fotovoltaica y sirve como soporte y protección para las celdas solares. El marco suele estar hecho de un metal ligero y resistente a la corrosión como es el aluminio.

c) Capa antirreflectante:

Es un componente cuya función consiste en mejorar el rendimiento del panel solar. La capa antirreflectante se aplica en el vidrio frontal tratando de reducir la reflexión de la luz solar para aumentar la cantidad de radiación solar que absorben las celdas solares.

d) Cables y conectores:

Los cables sirven para interconectar las distintas celdas solares. La configuración de la conexión puede realizarse en serie o en paralelo. Estos conectores tienen la función de

garantizar un conexionado seguro, estanca y rápida con el objetivo de evitar problemas futuros.

- Conexión en serie:

En esta configuración las celdas se unen en cadena, es decir, el terminal negativo de la primera se conecta al terminal positivo de la segunda y así sucesivamente. La corriente que circula por el circuito es la misma para todas las celdas, pero la tensión de salida es la suma de cada una de ellas. El beneficio que se obtiene de este conexionado es que la tensión total es mayor que la que se obtiene en paralelo, siendo ventajoso para aplicaciones que requieren una mayor tensión, como son los sistemas conectados a la red [6].

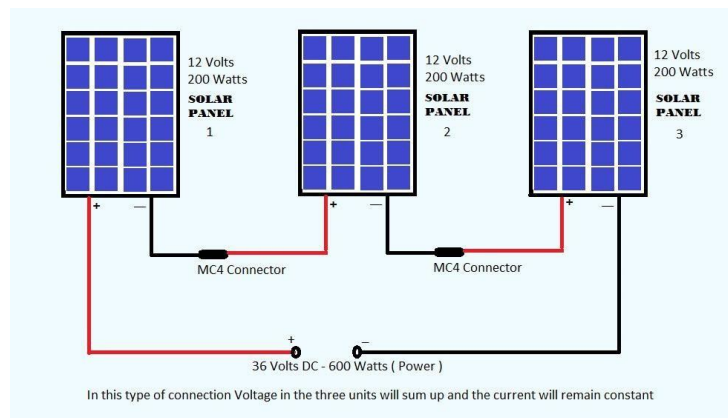


Figura 13 Conexión en serie

- Conexión en paralelo:

En este caso los bornes positivos de las distintas celdas se conectan en un mismo punto y lo negativos por otro lado se conectan entre ellos también. Al contrario que en la conexión en serie aquí las intensidades se suman, pero la tensión es la misma para todas ellas. Al aumentar la corriente tiene más ventajas en aplicaciones donde se requiere una mayor intensidad, como puede ser el caso de sistemas autónomos o para baterías que necesitan cargarse rápidamente.

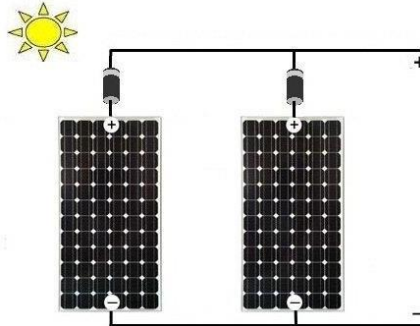


Figura 14 Conexión en paralelo

- Conexión combinada:

En este caso la conexión se realiza mezclando conexión en serie y en paralelo, con el fin de obtener la combinación que se necesite de tensión y corriente.

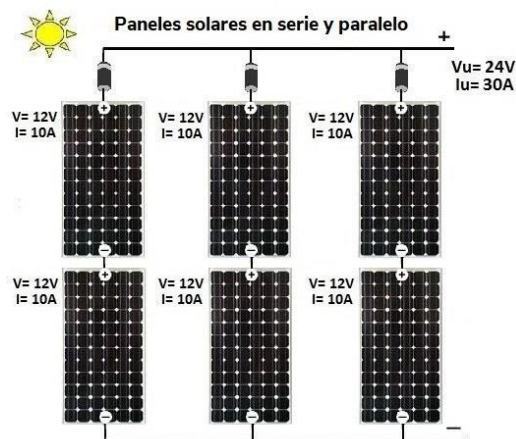


Figura 15 Conexión mixta

2. Inversores.

Como ya se ha explicado los paneles solares producen electricidad en forma de corriente continua (CC), y para la instalación se necesita corriente alterna (CA) para poder abastecer la demanda del edificio. Con los inversores se consigue transformar la corriente continua en corriente alterna tanto monofásica como trifásica según la aplicación que se necesite. Los inversores se conectan entre la instalación de paneles solares y el contador eléctrico existente

en el edificio para conseguir que se pueda proveer tanto con energía de la instalación como con la energía de la red eléctrica. Los tipos de inversores más usados para autoconsumo residencial son los siguientes: inversores string o en cadena, microinversores y optimizadores de potencia.

- Inversores tipo cadena, string o central:

Son los más utilizados mundialmente para instalaciones de autoconsumo. Si el edificio dispone de un tejado que no se ve afectado por las sombras que puedan provocar otros edificios cercanos y la cubierta tenga solo una dirección son la mejor opción. En el caso de que el techo presente una cubierta a dos aguas solo sería una buena opción si se colocaran placas solares en un faldón solamente. La principal ventaja que presenta esta opción es su bajo precio y su sencillo mantenimiento ya que se encuentran en zonas de fácil acceso. Sin embargo, este tipo de inversor solo producirá tanta energía útil como el panel que menos genere. Esto se debe al efecto conocido por el nombre de “cuello de botella”.



Figura 16 Inversor string

- Microinversores:

Este tipo de inversor está creciendo en popularidad para instalaciones de autoconsumo. Sin embargo, suelen tener precios más elevados que los string o los optimizadores de potencia, pero proporcionan algunas ventajas. Al contrario que los inversores string que es un inversor centralizado, los microinversores se encuentran distribuidos a lo largo de

toda la instalación. En cada panel solar se puede encontrar un microinversor instalado mejorando así la eficiencia de la instalación ya que no le afecta si un panel solar se encuentra generando menor energía debido a alguna sombra. Además, facilita encontrar si existe algún problema en cualquier placa fotovoltaica, ya que supervisa el funcionamiento de esta en todo momento. Las desventajas principales de este tipo de inversores son su alto precio y una mayor dificultad para realizar su mantenimiento.



Figura 17 Microinversor

- Optimizadores de potencia:

Los optimizadores de potencia tienen la ventaja de mezclar las ventajas de los inversores string y de los microinversores. Estos se sitúan en la cubierta, al igual que los microinversores se distribuyen por las placas solares. No obstante, estos envían la energía a un inversor central, ya que no son capaces de convertir la corriente continua en alterna. La función de estos se basa en fijar el voltaje de la electricidad, haciendo más eficiente la instalación. Al igual que los microinversores, estos son capaces de encontrar fallos en las distintas placas y evitar los problemas que puedan causar las sombras.



Figura 18 Optimizador de potencia

3. Almacenamiento solar.

Las baterías para instalaciones fotovoltaicas cumplen la función de almacenar la energía generada en exceso para poder emplearla con posterioridad cuando se requiera. Esto es muy útil para emplazamientos que no disponen de conexión a la red. Las baterías almacenas la energía en forma de corriente continua, por lo que luego el inversor es el encargado de convertirla a corriente alterna. Suponen un elemento indispensable en aquellas instalaciones que tratan de ser autosuficientes.

La manera en la que almacena energía se fundamenta en el proceso químico de reducción-oxidación. Las baterías contienen celdas químicas tanto con polo positivo como negativo y también existen electrolitos que facilitan el flujo de la energía eléctrica hacia el exterior. No obstante, este proceso de almacenamiento de energía y de su posterior devolución al sistema conlleva una serie de pérdidas que se encuentran en torno al 10% de la energía almacenada. A la hora de elegir la batería idónea para la instalación se ha de conocer las distintas posibles baterías que se pueden utilizar.



Figura 19 Batería de almacenamiento

- Baterías Monoblock.

Son las más escogidas para realizar instalaciones en hogares que no tengan un consumo muy alto debido a su precio tan económico. Presentan una eficiencia de acumulación de un 85% y además necesitan mantenimiento con mayor frecuencia que el resto.

- Baterías AGM.

Esta batería es muy similar a la mencionada anteriormente, pero con la ventaja de ser más estable y que tenga una mayor durabilidad. Además, esta incorpora una válvula que regula los gases, por lo que necesita un mantenimiento mínimo.

- Baterías estacionarias.

Son similares a las baterías monoblock, pero prestan la ventaja de poder ajustarse mejor a la potencia que necesite la instalación. Esto se debe a que está formado por distintos elementos de 2 V conectados en serie. Están fabricadas para aquellos sistemas que demanden altos picos de energía.

- Baterías de litio.

Las baterías de litio son las más desarrolladas del mercado llegando a tener un rendimiento del 100%. Además, cuentan con una alta durabilidad y requieren poco

mantenimiento. Todas las buenas prestaciones que tiene este tipo de batería se ven reflejadas en su precio, siendo las más caras del mercado.

4. Estructura soporte.

Es el elemento que fija los paneles solares a la superficie donde se van a instalar. Si se necesita que las placas se encuentren pegadas a la superficie se utilizan soportes coplanares. No obstante, si se desea variar el ángulo de inclinación de las placas solares se utilizará una estructura triangular.



Figura 20 Estructura soporte

5. Meter.

Es el componente responsable de realizar la medición de la energía fotovoltaica generada por la instalación en tiempo real, para así poder monitorizar la instalación al completo.

En todos los edificios existe un contador que se encarga de medir el flujo de energía eléctrica que va desde la red hasta el consumo. En la actualidad la mayor parte de estos medidores son bidireccionales, lo cual supone un requisito en caso de que la instalación de autoconsumo esté conectada a la red para poder controlar la cantidad de energía que se vierte a la red cuando existe una sobreproducción de energía eléctrica. Con el contador bidireccional se puede medir los excedentes para así obtener una compensación que da cada comercializadora energética a unos 0,05/0,06 €/kWh.



Figura 21 Contador bidireccional

3. NORMATIVA PARA INSTALACIONES

FOTOVOLTAICAS.

La normativa que rige las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo es el Real Decreto 244/2019, en el cual se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica [7].

Para poder llevar a cabo la instalación se requiere hacer previamente una serie de trámites administrativos. En el caso de que la instalación se vaya a encontrar conectada a la red, se debe presentar a la compañía eléctrica con la que se quiera realizar el contrato una solicitud para que le permitan realizar dicha conexión. La compañía solo aceptará la solicitud en el caso de que se cumplan algunos requisitos en términos de viabilidad técnica y económica.

El Real Decreto permite distinguir dos modalidades de autoconsumo. El primero tipo es el autoconsumo sin excedentes, refiriéndose a aquellas instalaciones que no dispongan de conexión con la red eléctrica, es decir, la energía generada se consume en mismo lugar donde se produce. La segunda modalidad de autoconsumo es aquella que tiene excedentes y los vierte a la red eléctrica, recibiendo a cambio una compensación económica por su aportación energética al sistema.

En cuanto al régimen jurídico existen una serie de requisitos generales para que se pueda denominar a la instalación como autoconsumo.

- i. Las instalaciones deben cumplir los requisitos que exige la normativa del sector eléctrico.
- ii. El propietario de la instalación de generación y el consumidor pueden ser personas jurídicas distintas.

- iii. En aquellas instalaciones que se produzcan excedentes y se encuentren conectadas a la red de distribución, estarán sujetas a las posibles desconexiones que se puedan producir de la red debido al incumplimiento del Real Decreto.
- iv. Se pueden instalar elementos de almacenamiento de energía siempre y cuando se cumpla con la normativa de seguridad y calidad industrial.

Para compensar económicamente a las instalaciones que generen excedentes y los viertan a la red dependerá de distintos factores. Para poder recibir una compensación económica por los excedentes de energía cedidos a la red se tienen que cumplir una serie de medidas:

1. La instalación tiene que obtener la energía eléctrica a partir de una fuente de energía renovable.
2. La potencia instalada no puede superar los 100kW.
3. El consumidor solo puede tener un contrato con una comercializadora en el que se acuerden los precios de la energía generada y consumida.
4. Se ha de firmar un contrato de compensación de excedentes tal y como se especifica en el Real Decreto 244/2019.

El Real Decreto 244/2019 establece la compensación simplificada de excedentes, el cual constituye el mecanismo por el que se establece la manera de obtener una remuneración económica. Esta remuneración económica depende de si el consumidor se encuentra en el mercado libre o regulado. En el mercado regulado, la compensación monetaria será el precio de la energía en la hora que se haya producido este traspaso de excedentes a la red. El precio de esta remuneración fluctúa según el día y la hora. En el caso de que el contrato se realice en el mercado liberalizado, la remuneración que se obtendrá por verter excedentes a la red vendrá fijado por el contrato firmado con la comercializadora correspondiente.

Otro mecanismo para realizar la compensación de la energía vertida a la red es el balance neto. El balance neto exige tener un control de la energía que se intercambia entre la red y la instalación recogiendo tanto los datos de la energía consumida como la vertida. Si la cantidad de energía que se vierte a la red es mayor que la consumida se generarán una serie de créditos de energía favorables para el usuario. Sin embargo, si ocurre lo contrario se

crearán deudas energéticas. Si al final del periodo de tiempo en el que se recuenta el balance de energía, la energía vertida supera a la consumida se realizaría una compensación energética de en torno 0,5 €/MWh. Este mecanismo supone un incentivo para que las instalaciones de autoconsumo cedan sus excedentes energéticos a la red, fomentando así el uso de energías renovables.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVOS

Con este trabajo su busca estudiar la viabilidad de la implementación de un sistema de paneles solares en el hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza. Los objetivos primordiales de este proyecto son:

- Estudio de la viabilidad del proyecto.

Analizar datos sobre la posibilidad de realizar una instalación fotovoltaica destinada al autoconsumo en el emplazamiento nombrado. Para ello será necesario realizar un estudio del actual consumo del edificio y estudiar el espacio donde se va a realizar la instalación. Se estudiarán datos sobre la radiación solar de la ubicación y la orientación del edificio para poder valorar como llevar a cabo la instalación de los paneles solares.

- Análisis de los distintos recursos necesarios para el proyecto.

Realizar una investigación sobre los tipos de paneles que existan y los distintos tipos de conexión que se pueden realizar para escoger aquellos que sean más ventajosos para nuestra instalación. Además de las placas solares se realizará un estudio del resto de componentes necesarios para poder realizar el proyecto. Se elegirán los inversores, soportes y si es necesario baterías de almacenamiento de energía. Para poder escoger todo el material requerido se observará su rendimiento, su coste y se evaluarán sus distintas ventajas que proporcionen para utilizar los óptimos.

- Optimización de la instalación.

Usar cálculos para visualizar el número óptimo de placas a utilizar según el espacio disponible. Tras obtener el número de paneles optimizar su orientación e inclinación para mejorar su rendimiento. Para ello habrá que tener en cuenta las posibles sombras

que puedan producir los edificios cercanos y la orientación de la cubierta del edificio para maximizar las horas de sol que reciban las placas fotovoltaicas.

- Análisis económico.

Para finalizar el proyecto se analizará económicamente su viabilidad. En él se estudiará la rentabilidad y fiabilidad de la instalación, comprobando que exista tanto un ahorro energético como económico.

4.2 ALINEACIÓN CON LOS ODS

La intención de realizar la instalación es conseguir un futuro más limpio y sostenible. Para ello se ha de incrementar el uso de las energías renovables. Con la instalación de sistemas de autoconsumo con paneles solares se contribuye a frenar el cambio climático y muchos más objetivos que ayudan a crear un planeta más verde [8]. Dentro de los objetivos del proyecto, aquellos que se alinean con un desarrollo sostenible son los siguientes:



Figura 22 Objetivos de desarrollo sostenible

- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

Con este proyecto se proporciona una alternativa más eficiente energéticamente y además de la mano de la energía renovable. Al usar la energía solar como método para obtener energía eléctrica no se producen emisiones contaminantes por lo que contribuye a cumplir las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030.

- Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

Con el constante crecimiento de las ciudades es necesario implementar una serie de medidas para lograr un desarrollo sostenible. Gracias a la implantación de este sistema se contribuye a la reducción de emisiones de carbono en las áreas urbanas, las cuales suponen alrededor del 70% de las emisiones mundiales.

- Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El crecimiento exponencial de la población mundial hace cada vez más complicado la obtención de los recursos necesarios para abastecer a todos. La energía solar juega un papel importantísimo, ya que al ser el Sol una fuente de energía ilimitada se puede lograr obtener una gran parte de la energía necesaria. Usando esta energía se consigue también frenar el consumo de materiales terrestres que, si se pueden llegar a agotar como, por ejemplo: los combustibles fósiles. Todo esto ayuda a tener un consumo sostenible.

- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Los niveles de carbono en la atmósfera aumentan drásticamente, es por ello por lo que la creación de sistemas que obtengan la energía mediante placas fotovoltaicas es más que necesario. Gracias a la implementación de estos centros

de generación de energía eléctrica conseguiremos reducir la dependencia de métodos de obtención de energía eléctrica que emitan carbono a la atmosfera. Este tipo de medidas contribuye a disminuir la huella de carbono y a frenar el cambio climático.

5. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

5.1 EMPLAZAMIENTO

El proyecto trata realizar una instalación de autoconsumo con placas solares en el tejado del edificio de consultas externas del hospital Clínico Universitario Lozano Blesa con dirección calle de Domingo Miral, s/n, 50009. El edificio forma parte de las instalaciones del hospital clínico de Zaragoza. Este edificio fue construido en el año 2008 y cuenta con un total de seis plantas que albergan distintas áreas destinadas a los servicios médicos que se dan en el hospital. El edificio consta con una superficie cuadrada de 5.325 m² y la cubierta donde se va a realizar la instalación son 3048 m² de los cuales habrá que estudiar cuales son útiles.



Figura 23 Emplazamiento

5.2 CONSUMOS DEL EDIFICIO

Para por llevar a cabo el proyecto, es necesario conocer primero los consumos eléctricos que tiene mensual y anualmente. A partir de los consumos, se podrá decidir la energía que se necesita que genere la instalación fotovoltaica. El objetivo del proyecto es intentar generar en torno a 70% de la energía consumida por el edificio.

Como la instalación se va a realizar en el edificio de consultas externas del hospital, se realizará un estudio solamente de los consumos de esta parte del hospital. En las siguientes tablas se puede observar los consumos del hospital por meses. Además, se incluyen los datos de energía activa y reactiva consumida y el coste de la energía en cada periodo de facturación.

| | Potencia demandada (kWh) | Importe (€) |
|-------------------|--------------------------|-------------|
| Enero | 27.568 | 3878,89 |
| Febrero | 24.623 | 3276,05 |
| Marzo | 26.930 | 3096,01 |
| Abril | 25.323 | 2872,01 |
| Mayo | 33.115 | 3508,50 |
| Junio | 44.310 | 4811,68 |
| Julio | 47.626 | 6471,81 |
| Agosto | 46.683 | 4971,66 |
| Septiembre | 23.793 | 2553,46 |
| Octubre | 19.397 | 1806,82 |

| | | |
|------------------|--------|---------|
| Noviembre | 25.282 | 2347,48 |
| Diciembre | 26.987 | 2713,01 |

Tabla 1 Consumos edificio

El consumo anual final es de 371.637 kWh. En la anterior tabla se puede observar cómo oscila el consumo de energía dependiendo del mes, siendo Junio Julio y Agosto los meses que mayor consumo presentan. Como se ha mencionado anteriormente el objetivo es generar una 70% de la demanda actual, lo que sería equivalente a 260.145,9 kWh anuales.

Además de ahorrar energéticamente, también se quiere conseguir un ahorro económico por lo que hay que estudiar también los importes que se pagan actualmente. Con estos datos se realizaras un estudio económico y se comprobara la utilidad de la instalación. En la siguiente gráfica podemos observar cómo varía el precio por kW a lo largo del año.

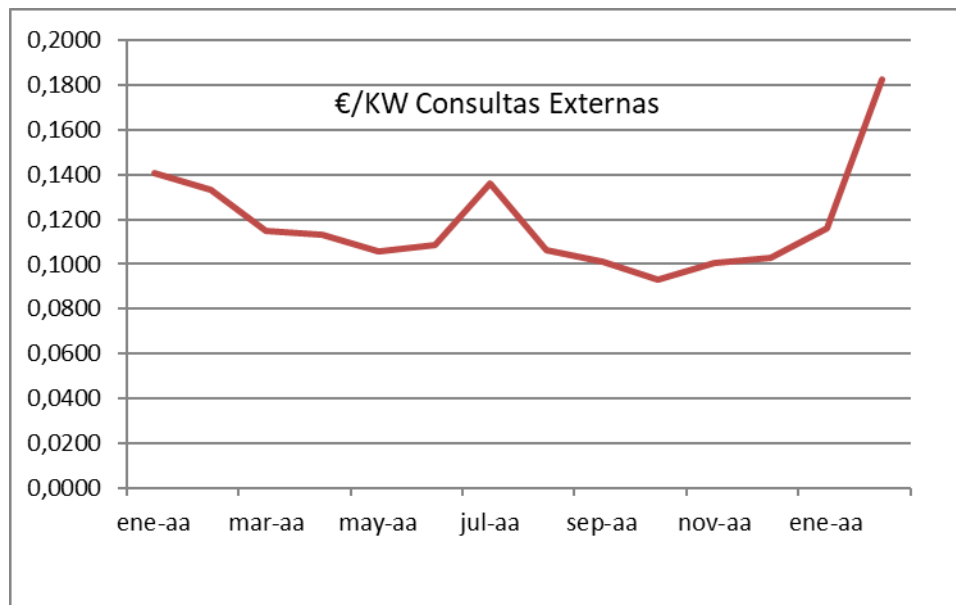


Tabla 2 Precio de la energía

5.3 PLANO DE LA CUBIERTA

Con el objetivo de maximizar la energía generada por la instalación y el rendimiento de esta se estudiará la cubierta donde se va a realizar la instalación. El tejado del edificio no tiene inclinación por lo que habrá que estudiar si es necesario usa soportes para las placas que tengan cierto grado de inclinación. Al ser un tejado sin inclinación también se investigará sobre la orientación de los paneles solares. A continuación, se muestra el plano del tejado donde se van a instalar las placas.

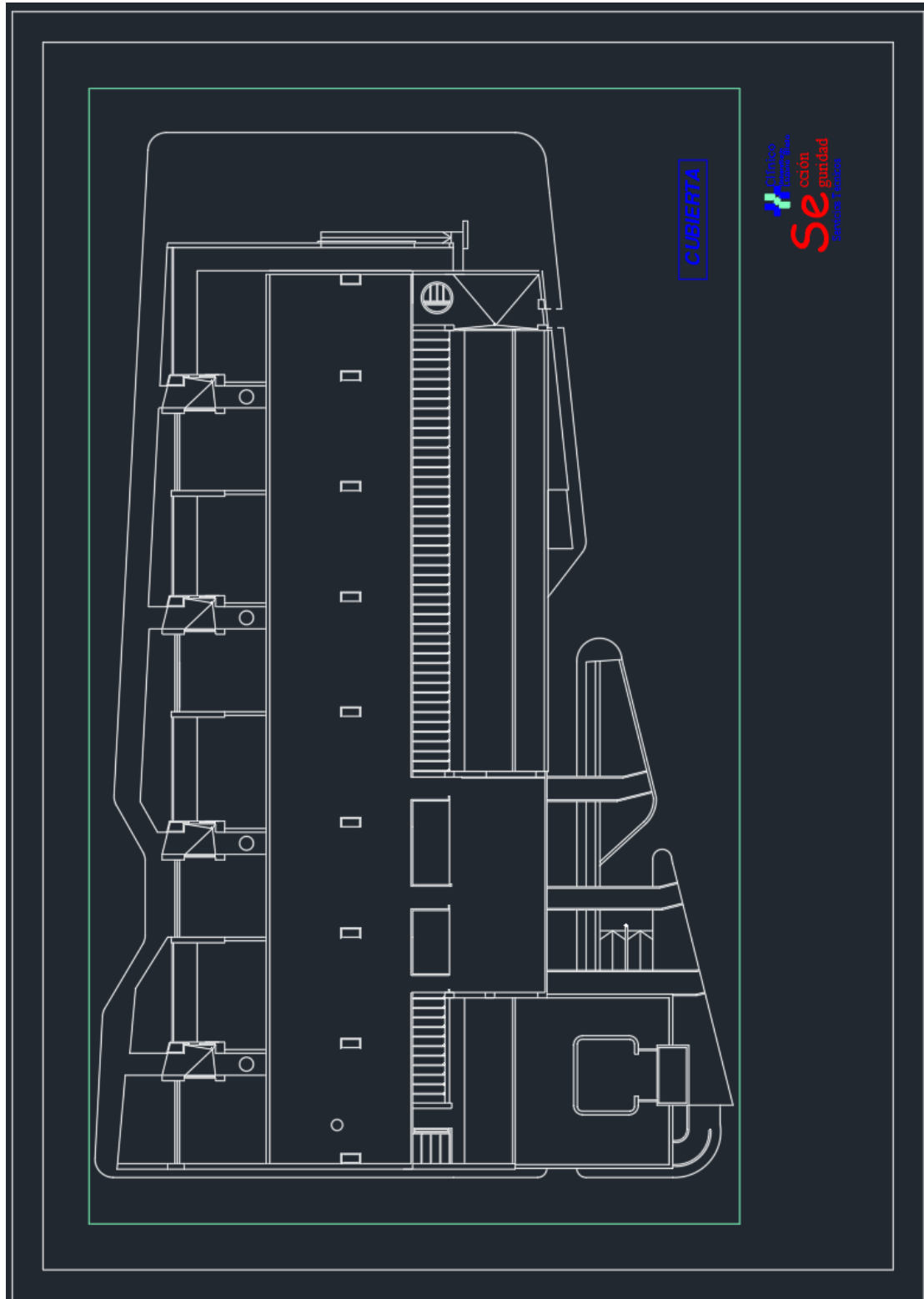


Figura 24 Plano tejado

Las placas solares se van a instalar en la parte de la cubierta con mayor altura, para así evitar lo máximo posible el problema que puedan ocasionar las sombras. A la hora de realizar la instalación se tendrá en cuenta el número de módulos en serie y paralelo que se pueden instalar dependiendo del espacio disponible. Las zonas donde se van a instalar los distintos módulos se pueden ver en la siguiente imagen.



Figura 25 Superficie disponible

6. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Para poder llevar a cabo la instalación es necesario saber la potencia instalada que se necesita. Como se ha mencionado anteriormente el consumo anual del emplazamiento es de 371.637 kWh, por lo que para llegar a producir en torno al 70% de la demanda nos quedarían 260.145,9 kWh anuales. Sin embargo, para poder calcular la energía necesaria de la instalación se tendrán en cuenta las horas de luz solar que de las que disponga la ubicación. En el siguiente mapa se muestran las horas solares pico distinguiendo las diferentes provincias de España.

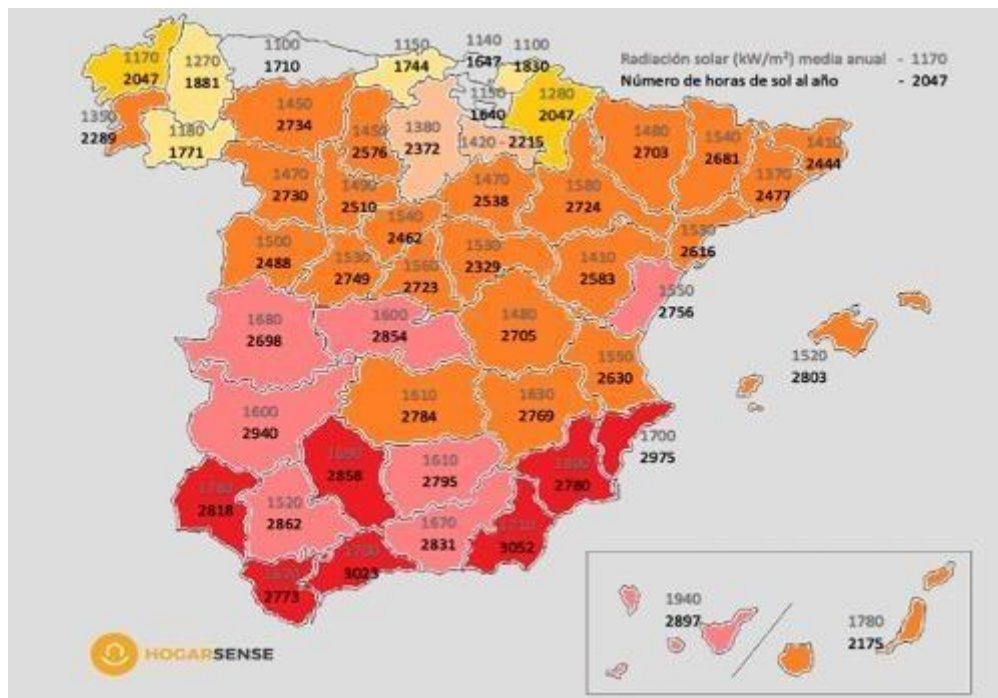


Figura 26 Horas pico de sol

El edificio se encuentra en la localidad de Zaragoza y cuenta con 2724 horas pico de sol, por lo que son estas las horas efectivas que se tendrán en cuenta para calcular la potencia necesaria de la instalación.

$$P_{instalada} = \frac{260145,9kWh}{2724 h} = 95,50 kW$$

7. ELECCIÓN DE COMPONENTES

Para proceder a la elección del inversor y del módulo se dispone de una hoja de cálculo en Excel donde hay un listado de módulos y de inversores que se pueden ir combinando para crear distintas combinaciones. Además, también se pueden combinar las distintas disposiciones de los módulos ya sean en serie o en paralelo. Mientras se va realizando distintas combinaciones hay que comprobar al mismo tiempo que algunos parámetros de la instalación sean correctos como, por ejemplo: la corriente de cortocircuito, la tensión del circuito abierto, la potencia instalada...

CONFIGURADOR DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DE CONEXIÓN A RED *

| MÓDULO GAMESA SOLAR REC Premium-235 | | MÓDELO INVERSOR INVERSOR III 100 kW | | CAMPO FOTOVOLTAICO 3900 Número Módulos 460 230 57,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|-----------------|--|------------------|-------|--------|------|-------|------------------|------------------|--------|------|-----------------|--------|----|------------------|------------------|--------|--------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|----------------|-------|------------------------------|-------|----|----------|----------|---|---|--|--------|------------------|--|------------------|---------|---|-------------------------|-----|---|-------------------------|-----|---|---------------------------|-----|---|-----------------|---------|----|-------|-----|---|------------|-----|---|----------|---|---|--|--|---------|--|--------------------|---------|----|------|---------------------|---------|---|--|------------|-------|--|------|-----------------------------------|----|--|--|------------------------|-------|---|--|---------------------------|--------|---|------|-----------------------------------|----|--|--|------------------------|-------|---|--|---------------------------|--------|---|------|--------------------|---------|----------------|--|------------|----------|----|--|------------------------------|------|----|--|------------------------------|-----|----|--|--|----|----|--|
| Número Series 20 | | Número inversor 1 | | CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número Paralelo 23 | | | | <table border="1"> <tr><td>Icc</td><td>190,90</td><td>A</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>I_{pmp}</td><td>161,70</td><td>A</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>V_{oc}</td><td>748,00</td><td>V</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>Y_{pmp}</td><td>596,00</td><td>V</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>V_{oc} [-10 °C]</td><td>832,70</td><td>V</td><td>O.K.</td></tr> </table> | | Icc | 190,90 | A | O.K. | I _{pmp} | 161,70 | A | O.K. | V _{oc} | 748,00 | V | O.K. | Y _{pmp} | 596,00 | V | O.K. | V _{oc} [-10 °C] | 832,70 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Icc | 190,90 | A | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I _{pmp} | 161,70 | A | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} | 748,00 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y _{pmp} | 596,00 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} [-10 °C] | 832,70 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES ELÉCTRICAS MÓDULO | | PROPIEDADES ELÉCTRICAS INVERSOR | | POTENCIA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr><th>MODELO</th><th>REC Premium-235</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Potencia Nominal</td><td>235</td><td>Wp</td></tr> <tr><td>Icc</td><td>8,30</td><td>A</td></tr> <tr><td>I_{pmp}</td><td>7,90</td><td>A</td></tr> <tr><td>V_{oc}</td><td>37,40</td><td>V</td></tr> <tr><td>Y_{pmp}</td><td>29,80</td><td>V</td></tr> <tr><td>V_{oc} [-10 °C]</td><td>41,64</td><td>V</td></tr> <tr><td>Coef T_c</td><td>- 121,00</td><td>mV/°C</td></tr> <tr><td>T₀NC</td><td>43,00</td><td>°C</td></tr> <tr><td>CLASE II</td><td>1.000,00</td><td>V</td></tr> </tbody> </table> | | MODELO | REC Premium-235 | | Potencia Nominal | 235 | Wp | Icc | 8,30 | A | I _{pmp} | 7,90 | A | V _{oc} | 37,40 | V | Y _{pmp} | 29,80 | V | V _{oc} [-10 °C] | 41,64 | V | Coef T _c | - 121,00 | mV/°C | T ₀ NC | 43,00 | °C | CLASE II | 1.000,00 | V | <table border="1"> <thead> <tr><th>MODELO</th><th>INVERSOR III 100</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Potencia Nominal</td><td>100.000</td><td>W</td></tr> <tr><td>Y_{pmp} mínima</td><td>450</td><td>V</td></tr> <tr><td>Y_{pmp} máxima</td><td>750</td><td>V</td></tr> <tr><td>V_{máx} admitida</td><td>900</td><td>V</td></tr> <tr><td>Potencia PV máx</td><td>120.000</td><td>Wp</td></tr> <tr><td>I máx</td><td>267</td><td>A</td></tr> <tr><td>V arranque</td><td>710</td><td>V</td></tr> <tr><td>V parada</td><td>-</td><td>V</td></tr> </tbody> </table> | | MODELO | INVERSOR III 100 | | Potencia Nominal | 100.000 | W | Y _{pmp} mínima | 450 | V | Y _{pmp} máxima | 750 | V | V _{máx} admitida | 900 | V | Potencia PV máx | 120.000 | Wp | I máx | 267 | A | V arranque | 710 | V | V parada | - | V | <table border="1"> <thead> <tr><th colspan="2">191.400</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Potencia Instalada</td><td>108.100</td><td>Wp</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>Potencia Inversores</td><td>100.000</td><td>W</td><td></td></tr> <tr><td>Ratio Wp/W</td><td>8,10%</td><td></td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>T_c mínima módulo (°C)</td><td>20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>V_{oc} módulo</td><td>38,01</td><td>V</td><td></td></tr> <tr><td>V_{oc} generador</td><td>760,10</td><td>V</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>T_c máxima módulo (°C)</td><td>50</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>V_{oc} módulo</td><td>34,38</td><td>V</td><td></td></tr> <tr><td>V_{oc} generador</td><td>687,50</td><td>V</td><td>O.K.</td></tr> <tr><td>Superficie módulos</td><td>759,007</td><td>m²</td><td></td></tr> <tr><td>Peso total</td><td>10.120,0</td><td>kg</td><td></td></tr> <tr><td>T_c amb media sup</td><td>24,3</td><td>°C</td><td></td></tr> <tr><td>T_c amb media inf</td><td>6,2</td><td>°C</td><td></td></tr> <tr><td>T₀NC (T_c amb media sup)</td><td>53</td><td>°C</td><td></td></tr> </tbody> </table> | | 191.400 | | Potencia Instalada | 108.100 | Wp | O.K. | Potencia Inversores | 100.000 | W | | Ratio Wp/W | 8,10% | | O.K. | T _c mínima módulo (°C) | 20 | | | V _{oc} módulo | 38,01 | V | | V _{oc} generador | 760,10 | V | O.K. | T _c máxima módulo (°C) | 50 | | | V _{oc} módulo | 34,38 | V | | V _{oc} generador | 687,50 | V | O.K. | Superficie módulos | 759,007 | m ² | | Peso total | 10.120,0 | kg | | T _c amb media sup | 24,3 | °C | | T _c amb media inf | 6,2 | °C | | T ₀ NC (T _c amb media sup) | 53 | °C | |
| MODELO | REC Premium-235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencia Nominal | 235 | Wp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Icc | 8,30 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I _{pmp} | 7,90 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} | 37,40 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y _{pmp} | 29,80 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} [-10 °C] | 41,64 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coef T _c | - 121,00 | mV/°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T ₀ NC | 43,00 | °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CLASE II | 1.000,00 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODELO | INVERSOR III 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencia Nominal | 100.000 | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y _{pmp} mínima | 450 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y _{pmp} máxima | 750 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{máx} admitida | 900 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencia PV máx | 120.000 | Wp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I máx | 267 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V arranque | 710 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V parada | - | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 191.400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencia Instalada | 108.100 | Wp | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencia Inversores | 100.000 | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ratio Wp/W | 8,10% | | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _c mínima módulo (°C) | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} módulo | 38,01 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} generador | 760,10 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _c máxima módulo (°C) | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} módulo | 34,38 | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V _{oc} generador | 687,50 | V | O.K. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Superficie módulos | 759,007 | m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso total | 10.120,0 | kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _c amb media sup | 24,3 | °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _c amb media inf | 6,2 | °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T ₀ NC (T _c amb media sup) | 53 | °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROPIEDADES FÍSICAS MÓDULO | | TIPO INSTALACIÓN FIJA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr><th>MODELO</th><th>REC Premium-235</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Largo</td><td>0,991</td><td>m</td></tr> <tr><td>Alto</td><td>1,665</td><td>m</td></tr> <tr><td>Profundo</td><td>0,0430</td><td>m</td></tr> <tr><td>Peso</td><td>22,00</td><td>kg</td></tr> <tr><td>Fabricante</td><td>REC</td><td></td></tr> <tr><td>Célula</td><td>6" (156x156)</td><td></td></tr> <tr><td>Material</td><td>Policristalino</td><td></td></tr> </tbody> </table> | | MODELO | REC Premium-235 | | Largo | 0,991 | m | Alto | 1,665 | m | Profundo | 0,0430 | m | Peso | 22,00 | kg | Fabricante | REC | | Célula | 6" (156x156) | | Material | Policristalino | | Emplecemiata ZARAGOZA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODELO | REC Premium-235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Largo | 0,991 | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alto | 1,665 | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profundo | 0,0430 | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso | 22,00 | kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabricante | REC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Célula | 6" (156x156) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Material | Policristalino | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PRODUCCION ESTIMADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | CONFIGURACION ESPACIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*La configuración obtenida debe interpretarse como una aproximación. En caso de duda consultar con el fabricante del inversor.

Figura 27 Hoja de Excel

En las siguientes hojas se encuentran los listados de módulos e inversores, una hoja donde se puede comprobar que la producción de la instalación es la que se necesita y una última con datos de latitudes y temperaturas de distintas ubicaciones de España.

7.1 ELECCIÓN DEL MÓDULO

Para escoger el módulo que se instalará en nuestro proyecto se busca que presenten una buena eficiencia y durabilidad. El aspecto de la durabilidad es clave para poder amortizar el coste inicial de los paneles solares. Normalmente la mayor parte de fabricantes de paneles solares ofrecen una vida media de entre 25 y 30 años, durante los cuales se asegura que tengan como mínimo un 80% de su capacidad inicial.

Para la elección se valorarán las distintas posibilidades que nos ofrecen tanto los paneles monocristalinos como policristalinos. Es cierto que los paneles monocristalinos suelen presentar mayor eficiencia, pero como en este proyecto se dispone de espacio suficiente se puede optar por la opción más económica, aunque tengan un menor rendimiento.

En el Excel se dispone de 106 tipos de módulos, pero como ya he dicho se estudian solo los policristalinos ya que no se necesita una alta eficiencia y así se pueden abaratar los costes de la instalación. En siguiente lugar se descartan los paneles solares de baja potencia ya que tenemos que conseguir en torno a 95 kW de potencia instalada.

Tras mirar todas las cualidades necesarias, los paneles solares que se utilizan son del fabricante REC y en concreto el modelo el REC Premium-235. Las propiedades eléctricas del módulo se pueden observar en la siguiente tabla.

| MODELO | | REC Premium-235 | |
|-------------------------|---|-----------------|-------|
| Potencia Nominal | | 235 | Wp |
| I _{cc} | | 8,30 | A |
| I _{pmp} | | 7,90 | A |
| V _{oc} | | 37,40 | V |
| V _{pmp} | | 29,80 | V |
| V _{oc(-10 °C)} | | 41,64 | V |
| Coef T ^a | - | 121,00 | mV/°C |
| TONC | | 43,00 | °C |
| CLASE II | | 1.000,00 | V |

Tabla 3 Propiedades técnicas módulos

Las propiedades físicas del modelo escogido son las siguientes.

| MODELO | | REC Premium-235 | |
|------------|----------------|-----------------|--|
| Largo | 0,991 | m | |
| Alto | 1,665 | m | |
| Profundo | 0,0430 | m | |
| Peso | 22,00 | kg | |
| Fabricante | REC | | |
| Célula | 6" (156x156) | | |
| Material | Policristalino | | |

Tabla 4 Propiedades físicas módulos

Si hacemos un cálculo rápido para aproximar el número de módulos que vamos a necesitar serian:

$$\frac{95,5 \text{ kW}}{235 \text{ W}} = 404,255 \text{ paneles.}$$

7.2 ELECCIÓN DEL INVERSOR

Para elegir el inversor tenemos que quedarnos con aquellos que mayor potencia nominal tengan, para que estos puedan servir para la instalación de 95 kW. Es por este motivo por el que solo se tendrá en cuenta aquellos que tengan una potencia nominal mayor de 90 kW. Esto se debe a que se busca que el inversor trabaje cerca de sus valores nominales para evitar el mayor número de pérdidas.

Para que todos los valores de la instalación solo nos quedan dos opciones posibles. La primera es el inversor modelo Inversor III 100 kW del fabricante Enertron o el modelo Sinvert 100 kW de la marca Siemens. Para escoger el inversor adecuado se analiza el rendimiento de ambos. El Inversor III 100 kW tiene un rendimiento europeo del 94,98% mientras que el inversor Sinvert 100 kW tiene un rendimiento europeo del 93,38%. Tras comparar ambos modelos se escoge el INVERSOR III 100 kW de ENERTRON que tiene las siguientes especificaciones.

| | |
|------------|---------------------|
| MODELO | INVERSOR III 100 kW |
| FABRICANTE | ENERTRON |

| | | |
|-------------------------|----------------|-----------|
| Potencia Nominal | 100.000 | W |
| Vpmp mínima | 450 | V |
| Vpmp máxima | 750 | V |
| V máx admitida | 900 | V |
| Potencia PV máx | 120.000 | Wp |
| I máx | 267 | A |
| V arranque | 710 | V |
| V parada | - | V |

Tabla 5 Propiedades Inversor

7.3 ELECCIÓN SOPORTES

Para la selección de soportes se busca abaratar los costes de la instalación y que se pueda ajustar al grado de inclinación que se requiere. Como la cubierta no tiene inclinación el soporte tendrá que contar con una forma triangular que permita fijar 31° de inclinación. Además, se busca que el proceso de instalación del soporte sea sencillo y no requiera de un alto coste de instalación. Tras buscar distintas opciones, se valora que la mejor opción es emplear el soporte llamado “Inclinado Triangulo cerrado (ASTxG, ASTxM)”. Este panel cuenta con las ventajas de tener un fácil y rápido montaje. También cuenta con flexibilidad de instalación tanto en cubiertas planas como en tejados inclinados. A continuación, se muestran los datos técnicos que proporciona el fabricante [9].

| Características técnicas: | | | |
|----------------------------------|---|----------------------|-------------------|
| Nombre del soporte | Inclinado Triangulo cerrado (ASTxG, ASTxM) Soportes entre 1 y 6 paneles | | |
| Tipo de superficie | Techo plano o inclinado / Suelo / | | |
| Ángulo de inclinación | 15° - 30° (otras inclinaciones a demanda) | Normativas de diseño | CTE |
| Carga de Viento | 31 m/s | Material perfiles | AL-6063-T5 |
| Carga de Nieve | 1.5 KN/m2 | Tornillería | INOX A2 |
| Compatibilidad | Chapa sándwich / | Grapas de sujeción | AL-6063-T5 |
| Disposición módulos | Vertical | Color | Gris |
| Válido para marcos de: | 30 / 35 / 40 mm | Garantía | 10 años |

Figura 28 Características soporte

Para clarificar como se vería el soporte, se muestra una imagen a continuación.



Figura 29 Soporte paneles

7.4 ORIENTACIÓN MÓDULOS

Un factor muy importante a la hora de realizar la instalación es la inclinación y la orientación con la que se colocan. Esto es muy importante para conseguir que la instalación maximice su rendimiento aprovechando así el mayor número de horas solares posibles.

El primer ángulo a tener en cuenta es el acimut, el cual indica el ángulo que existe entre la orientación de la proyección horizontal del sol y la dirección sur. En el caso de este proyecto al situarte en España y por ende en el hemisferio norte, las placas solares se orientarán en la dirección sur siendo entonces el ángulo acimut 0° para conseguir su punto óptimo. En el caso de nuestro edificio este ángulo será de 15° entre la orientación de las placas y la dirección sur debido a como es la construcción del edificio.

En la instalación se van a usar soportes fijos, por lo que el soporte no va a realizar un seguimiento al sol. Esto se debe a que produciría un aumento significativo en el coste de la instalación y haría que el mantenimiento fuera más difícil y costoso.

En la siguiente imagen se puede observar la variación del rendimiento de las placas solares en función de su orientación e inclinación.

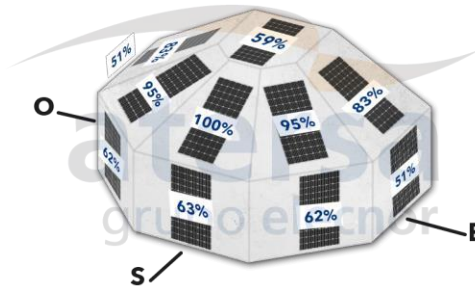


Figura 30 Eficiencia según la orientación

Para escoger la inclinación de nuestras placas solares hay que tener en cuenta la latitud del emplazamiento. La latitud de la localidad de Zaragoza es $39,5^\circ$ por lo que según la siguiente fórmula la inclinación ideal sería la siguiente [10].

$$\text{Inclinación} = 3.7 + 0.69 * (\text{latitud}) = 30,95 \text{ grados.}$$

Las placas se colocarán sobre un soporte fijo que se encuentra a unos 31° con respecto a la superficie horizontal.

7.5 SEPARACIÓN ENTRE PLACAS

La instalación se realiza sobre una cubierta plana y las placas se van a inclinar 31° respecto al plano horizontal tal y como se ha calculado en el anterior apartado. No obstante, las placas se van a tener que colocar con cierta separación entre ellas para que no produzcan sombras disminuyendo así su rendimiento. Para el cálculo de la distancia entre las placas necesitaremos conocer las dimensiones de estas y como ya se ha mencionado el ángulo de inclinación que van a tener. Las dimensiones proporcionadas por el fabricante son 1665 mm de largo y 991 mm de ancho.

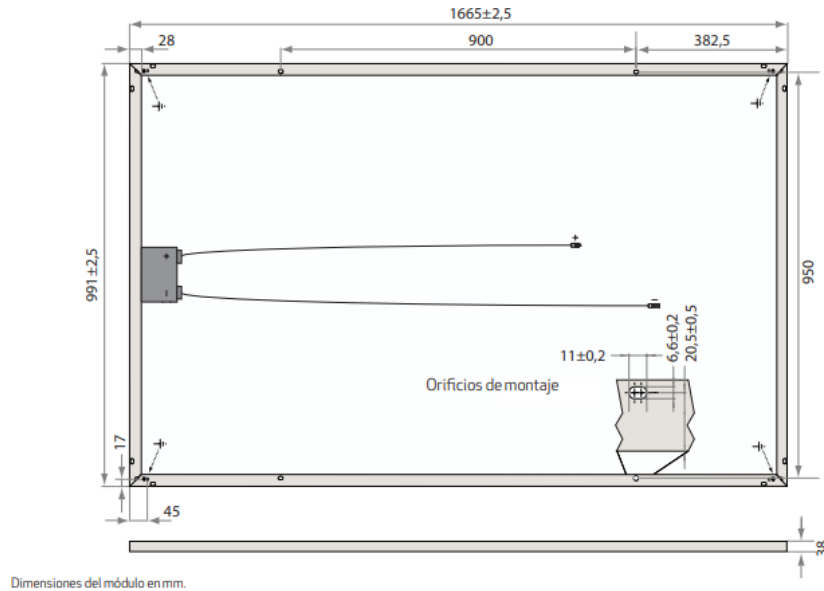


Figura 31 Medidas paneles

El área que tiene la placa es de $1,665 \text{ m} * 0,991 \text{ m} = 1,65 \text{ m}^2$.

Para calcular la distancia mínima entre placas se necesita conocer el ángulo en el que incide la radiación solar en su peor caso, es decir, en el solsticio de invierno. En la siguiente imagen se puede ver perfectamente detallado como se calcula esta distancia mínima entre placas [12].

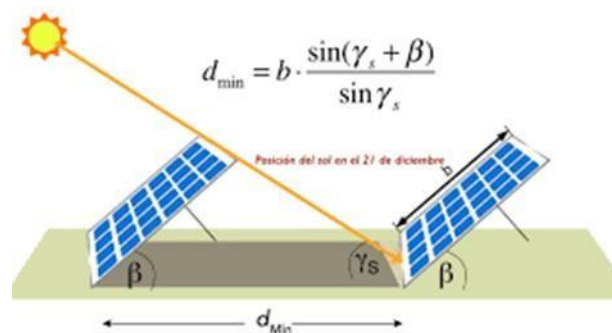


Figura 32 Distancia mínima entre paneles

En el caso de la placa solar que se va a emplear en la instalación b se refiere al ancho mencionado anteriormente.

$b = 0,991 \text{ m.}$

$\beta = 31^\circ$, que es el grado de inclinación de las placas.

$\gamma_s = 90^\circ - 23,45^\circ - 39,5^\circ = 27,05^\circ$. Es el ángulo que tiene la radiación solar durante el solsticio de invierno, al cual hay que restarle la latitud de nuestra localidad ($39,5^\circ$).

$$D_{\text{mín}} = b * \frac{\sin(\gamma + \beta)}{\sin(\gamma)} = 1,85 \text{ m.}$$

7.5 PRODUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez seleccionados los componentes hay que estudiar el número de módulos y de inversores que se van a necesitar para llegar a cubrir el 70% de la demanda y teniendo en cuenta el espacio disponible. Modificando en la hoja de cálculo el número de módulos en serie y en paralelo se puede ir modificando la potencia instalada. Como ya se había calculado el número de módulos se prueba con números cercanos al calculado. Finalmente se obtiene que se deben poner 20 módulos en serie y 23 en paralelo para obtener una instalación con una potencia de 100 kW en la que todos los parámetros necesarios estén correctos. Con esta disposición de paneles se necesitarían 460 módulos.

Para escoger el número de inversores hay que fijarse en la potencia que se quiere llegar a generar. Usando la disposición de las placas mencionadas y el inversor se alcanza un 75% de la energía consumida cumpliendo así con el objetivo. La superficie que ocuparía una instalación así sería de $769,007 \text{ m}^2$, siendo mucho menor que la superficie de la que se dispone. Como se puede observar en la siguiente imagen los meses en los que mayor parte de la energía se genera es en verano.

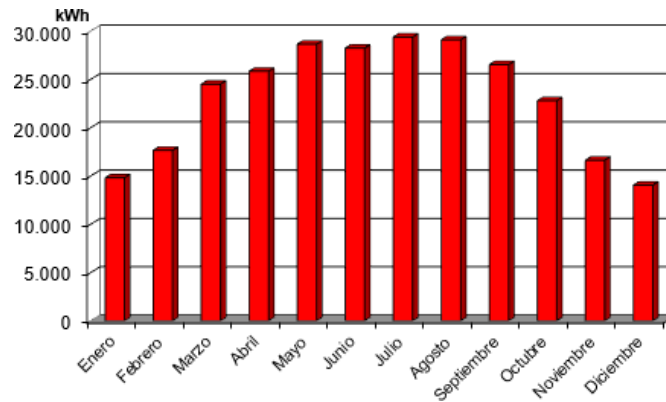


Tabla 6 Variación de la producción de la instalación

Si se realiza una tabla comparativa en la que observemos la diferencia entre los consumos mensuales y la generación se puede clarificar lo siguiente.

| | Producción | Consumo |
|---------|------------|---------|
| Enero | 14.807 | 27.568 |
| Febrero | 17.640 | 24.623 |
| Marzo | 24.494 | 26.930 |
| Mayo | 25.831 | 25.323 |
| Abril | 28.631 | 33.115 |
| Junio | 28.225 | 44.310 |
| Julio | 29.373 | 47.626 |
| Agosto | 29.089 | 46.683 |

| | | |
|------------|--------|--------|
| Septiembre | 26.512 | 23.793 |
| Octubre | 22.791 | 19.397 |
| Noviembre | 16.623 | 25.282 |
| Diciembre | 14.036 | 26.987 |

Tabla 7 Producción del sistema

La producción anual sería de 278.059 kWh y el consumo de 371.637 kWh consiguiendo producir un 74,8 % de la energía consumida a partir de energía renovable.

8. PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN

Es necesario realizar un estudio de las pérdidas que puede presentar la instalación para comprobar su nivel de eficiencia. La instalación puede experimentar bajadas de rendimiento debido a diferentes tipos de pérdidas que le pueden afectar. Estas pérdidas pueden producirse por distintos factores, desde naturaleza medioambiental hasta por las conexiones de los distintos elementos de la instalación. Como ya se ha mencionado anteriormente también existen pérdidas debido a su orientación e inclinación [11].

8.1 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS

- Pérdidas debido a la orientación e inclinación.

Para calcular las pérdidas que provocan la inclinación y el ángulo acimut es necesario conocer los siguientes términos.

α : significa ángulo acimut (entre la orientación de la placa y la dirección sur), 15° en las placas.

β : se refiere a la inclinación de la placa con respecto al plano horizontal (31° en nuestro caso).

φ : con este ángulo nos referimos a la latitud de la localización ($39,5^\circ$).

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \varphi + 10)^2 + 3.5 * 10^{-5} * \alpha^2) = 0,81\%$$

En la siguiente imagen se puede observar cómo funciona el rendimiento de las placas solares en función de los distintos ángulos: acimut, inclinación y latitud. La instalación se encuentra en la zona blanca de la imagen, en un ángulo acimut de 15° y un ángulo de inclinación de 31° . El rendimiento de esta zona oscila entre 95% y 100%, lo que coincide con el rendimiento de 99,19% que se ha calculado con la fórmula anterior.

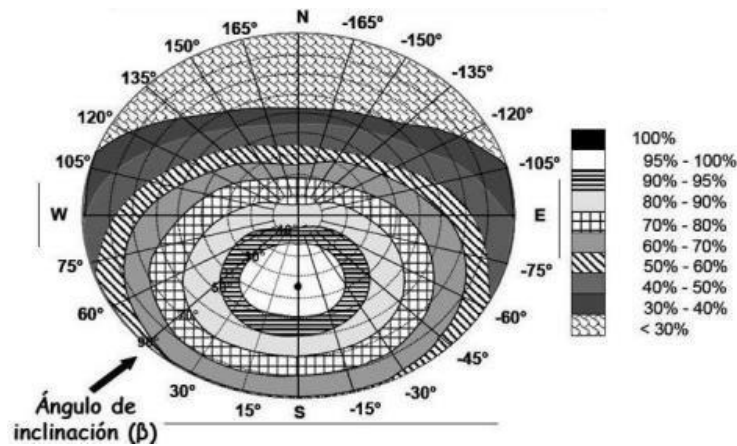


Figura 33 Pérdidas por inclinación

- Pérdidas por temperatura.

El aumento de la temperatura puede afectar negativamente al rendimiento de la instalación. Las altas temperaturas pueden deteriorar el comportamiento de la conversión energética de los paneles solares. Este deterioro se debe a la relación inversa que existe entre la temperatura y la tensión de circuito abierto de los paneles solares. Los paneles pueden llegar a perder un 10% de su efectividad a altas temperaturas, su temperatura ideal se encuentra en torno a los 23° C. Existen algunos factores claves para analizar las pérdidas de las placas por culpa de la temperatura.

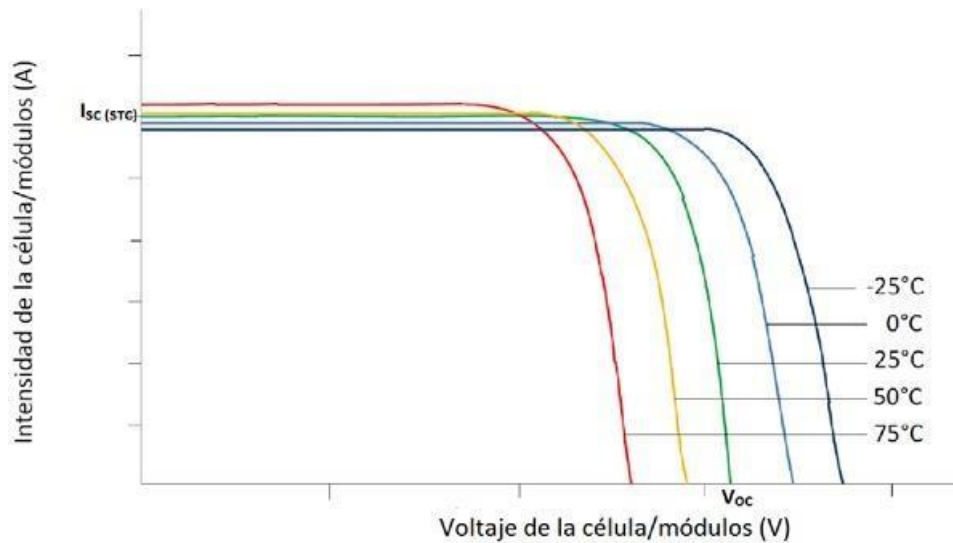


Figura 34 Pérdidas por temperatura

El coeficiente de temperatura de los módulos solares consiste en un porcentaje que depende de cada tipo de panel fotovoltaico y que determina cuando disminuye la eficiencia del panel por cada grado Celsius por encima de la temperatura ambiente.

Para poder calcular las pérdidas por temperatura es necesario conocer cuánto se desvía la temperatura en Zaragoza con respecto a la temperatura ambiente. Esta desviación de temperatura se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$I_{zgz} = \frac{\text{Energía solar } \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{\text{Horas pico de sol anuales}} = \frac{1580 kWh/m^2}{2724 h} = 580 W/m^2$$

I_{zgz} significa la potencia que genera el sol en la localidad de Zaragoza y los valores que se han utilizado en la fórmula vienen dados en la imagen del apartado 6.

Con el dato de energía solar que recibe Zaragoza se puede calcular la variación de temperatura con la siguiente ecuación.

$$\Delta T (^{\circ}C) = 0,034 * I_{zgz} - 4 = 15,72 ^{\circ}C.$$

Para concluir con el cálculo de las pérdidas basta con mirar el dato del coeficiente de temperatura que da el fabricante y la temperatura ambiente cuando se ha realizado el estudio. El coeficiente de temperatura del panel es de $-0,27\%/^{\circ}\text{C}$. Según el Excel la temperatura media de Zaragoza es de $14,63^{\circ}\text{C}$. $T_a = 15,72 + 14,63 = 30,34^{\circ}\text{C}$.

$$P\acute{e}rdidas(\%) = \text{Coef. Temp.} * (T_a - T_{ref}) = -2,79\%$$

Las pérdidas provocadas por el aumento de la temperatura serán del $2,79\%$.

En la siguiente tabla se puede ver la variación de la temperatura en Zaragoza a lo largo del año.

| TEMPERATURA | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAX | MIN |
|-------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| ZARAGOZA | 6,2 | 8,0 | 10,3 | 12,8 | 16,8 | 21,0 | 24,3 | 23,8 | 20,7 | 15,4 | 9,7 | 6,5 | 24,3 | 6,2 |

Tabla 8 Temperatura Zaragoza

- Pérdidas por sombreado.

Las pérdidas por sombras pueden producirse por edificios, arboles u objetos que tapen parcialmente la radiación solar. Las sombras pueden reducir significativamente el rendimiento del panel y esto puede afectar al sistema si los módulos se encuentran en serie. Para calcular las pérdidas que pueden generar las sombras se deben tener en cuenta diferentes factores. Primero hay que identificar las áreas sombreadas, después realizar un estudio del impacto que pueden tener en la eficiencia de las placas mediante un software y por último ver cómo pueden variar a lo largo de las horas. Debido a que el cálculo de estas pérdidas supone un proceso demasiado largo y complejo se estimarán en torno al 3% .

- Pérdidas debidas al rendimiento del inversor.

El inversor que se escogió para la instalación se buscó que tuviera suficiente potencia nominal para el sistema y que además tuviera un buen rendimiento. Según los datos proporcionados por el fabricante SIEMENS el inversor escogido Sinvert 100 kW alcanza un

rendimiento del 94,98%. Con este rendimiento las pérdidas provocadas por este modelo serán del 5,02%.

- Pérdidas en el cableado.

Las pérdidas en el cableado vienen dadas por la resistencia inherente a estos. Esta resistencia puede variar dependiendo de la longitud, el grosor o la temperatura a la que se encuentren los cables. Estas pérdidas pueden variar dependiendo de la configuración que tenga la instalación. Para minimizar las pérdidas de este tipo se debe realizar un estudio de la disposición de los componentes de la instalación y además usar conductores de alto rendimiento.

El valor de este tipo de pérdidas suele oscilar entre el 1% y el 5% de la energía generada por el sistema. Para estimar las pérdidas se usa el valor en el peor caso del 5%.

- Pérdidas por reflexión.

Las pérdidas por reflexión en un panel solar significan la cantidad de radiación solar que en vez de ser absorbida por los paneles es reflejada. Para evitar este tipo de pérdidas se debe instalar una superficie antirreflectante en las placas solares o tapar elementos cercanos a estas que puedan reflejar la luz solar. También es muy importante calcular la inclinación de las placas como se ha hecho anteriormente. Finalmente, la reflexión puede llegar a producir pérdidas en la instalación de en torno al 2%.

- Pérdidas por polvo y suciedad.

Cuando se produce una acumulación de partículas de polvo u otros tipos de suciedad como el polen o contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire, se produce una bajada del rendimiento de las placas fotovoltaicas y por ende en la instalación entera. Para evitar este tipo de pérdidas es primordial un continuo y buen mantenimiento para limpiar bien la superficie que absorbe la radiación solar. Como se ha explicado con anterioridad si los módulos se encuentran dispuestos en serie al disminuir el rendimiento de un panel solar,

también disminuirá el rendimiento de los paneles contiguos. Las pérdidas por polvo y suciedad se pueden estimar en un 2,5% de la energía producida por la instalación.

Evolución de la atmósfera por el episodio de calima (polvo del desierto en suspensión)

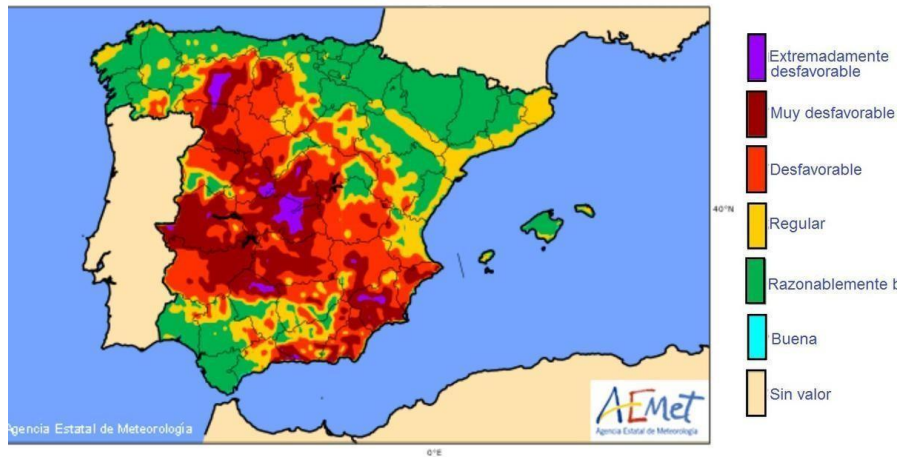


Figura 35 Mapa de polvo en suspensión

- Pérdidas por potencia nominal.

Estas pérdidas se deben a no cumplir con la potencia nominal que estipula el fabricante en los paneles solares. No todas las placas son exactamente iguales, por lo que existirán pequeñas variaciones en la potencia real que tengan. Puede llegarse a dar variaciones entre el 3% y el 10% de la potencia nominal. Para estimar estas pérdidas se supone un valor del 6%.

- Pérdidas totales del sistema.

Para calcular las pérdidas totales se han de sumar todas las calculadas con anterioridad.

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas totales} = & \text{Pérd. } P_n + \text{Pérd. } polv + \text{Pérd. } refl + \text{Pérd. } cabl + \text{Pérd. } inv + \\ & \text{Pérd. } somb + \text{Pérd. } temp + \text{Pérd. } incl = \end{aligned}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 6\% + 2,5\% + 2\% + 5\% + 5,02\% + 3\% + 2,79\% + 0,81\% = 27,12\%$$

El rendimiento de la instalación será entonces: $\eta = 100\% - 27,12\% = 72,88\%$.

9. ESTUDIO ECONÓMICO

Para comprobar la viabilidad económica del proyecto se va a realizar un estudio financiero. En este se estudiarán los costes que tiene realizar la instalación completa y se calcularán el VAN y el TIR para verificar que el proyecto es rentable.

9.1 COSTE INICIAL

9.1.1 COSTE COMPONENTES

Para realizar el cálculo del coste inicial que conlleva la instalación se realizará un listado con los componentes que hemos mencionado que se van a utilizar y sus precios. Con la suma de todos ellos conseguiremos un número orientativo de cuál va a ser la inversión inicial de la instalación.

| Componente | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|----------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Módulos | 460 uds. | 130,83 € | 60.181,8 € |
| Inversor | 1 | 6.774,39 € | 6.774,39 € |
| Soportes triangulares | 460 uds. | 102,03 € | 46.933,8 € |
| Contador Bidireccional | 1 | 292 € | 292 € |
| Fusible solar | 23 uds. | 10,55 € | 242,65 € |
| Interruptor Magnetotérmico | 23 uds. | 15,50 € | 356,5 € |

| | | | |
|----------------------|--------------|----------|-----------|
| Diferencial | 23 uds. | 78,88 € | 1814,24 € |
| Cableado | | 1055,5 € | 1055,5 € |
| Cuadro de protección | 1 | 264,95 € | 264,95 € |
| Coste total | 117.915,83 € | | |

Tabla 9 Coste elementos instalación

9.1.2 COSTE LEGALIZACIÓN

Para poder realizar la instalación existe un coste adicional con el cual se legisla la instalación. La legalización de la instalación de autoconsumo como se ha descrito con anterioridad viene determinada por el Real Decreto 244/2019. La administración pública se encarga de comprobar que la instalación se ha realizado correctamente y de manera segura. Como la instalación es mayor de 25 kW hay que tener en cuenta el coste que tiene el trámite que le corresponde al Organismo de Control (OCA).

El precio medio de tramitar la legalización de una instalación es de 6.438€, por lo que es el precio que se estima para este apartado [13].

9.1.3 COSTE MANO DE OBRA

La instalación va a ser ejecutada por técnicos especializados en este campo. La tarifa de un técnico puede encontrarse en torno a los 30€/h de media. Esto supone que el coste de realizar la instalación completa puede llegar a suponer un coste de 6000 €, ya que se trata de una instalación de gran tamaño.

9.1.4 COSTE ICIO

Este coste se refiere al impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras. Este impuesto consiste en un tributo del cual se encargan los diferentes ayuntamientos de cada provincia.

En el caso de este proyecto sería el ayuntamiento de Zaragoza y consistiría en el 4% del Presupuesto de Ejecución Material.

$$\text{Coste ICIO} = 0,04 * 114.181,99 \text{ €} = 4567,28 \text{ €}.$$

9.1.5 COSTE DE DESMANTELAMIENTO

Tras finalizar el periodo de vida útil de la instalación todos los materiales usados para llevarla a cabo deben ser retirados y reciclados para así contribuir con la sostenibilidad del planeta. Para desmantelar toda la instalación se requiere de mano de obra al igual que para realizar la instalación. El coste de desmantelamiento se estima en 5000 € anuales.

9.1.6 INVERSIÓN INICIAL TOTAL

Tras haber estudiado los distintos costes e impuestos que tiene realizar la instalación fotovoltaica, el coste inicial total es el siguiente.

| COSTE | PRECIO |
|--------------|---------------------|
| Componentes | 117.915,83 € |
| Legalización | 6.438 € |
| Mano de obra | 5000 € |
| ICIO | 4.567,28 € |
| TOTAL | 133.921,11 € |

Tabla 10 Coste inicial instalación

9.2 INGRESOS DEL PROYECTO

En este apartado se estudiará el flujo de cuentas de la instalación a lo largo de su vida útil. Para ello hay que tener en cuenta el deterioro que sufren los paneles solares anualmente hasta

llegar a un 85% de su rendimiento en su último año de vida útil. Para lograr realizar el estudio correctamente se estima un 0,6% de disminución de rendimiento de las placas por año de vida.

El precio de la luz se tiene como constante a lo largo de los 25 años de vida útil de la instalación. Sin embargo, para la energía generada por los módulos se tendrá en cuenta el desgaste que sufren año tras año. Con el fin de obtener un resultado válido será necesario incorporar los gastos por mantenimiento de las placas, que se estiman en 5000 €/año debido al tamaño de la instalación.

Tanto la energía producida como el dinero ahorrado por generarla se obtienen del Excel, el cual tiene en cuenta las horas de luz solar de cada mes y la variación del precio de la electricidad durante estos. En la siguiente tabla se puede apreciar la variación la energía producida a lo largo del año y de los ingresos que proporciona.

| Mes | Nº días | kWh/m ² día | Producción kWh/mes | € |
|-----------------|------------|------------------------|--------------------|------------------|
| Enero | 31 | 2,74 | 14.807,01 | 2.072,98 |
| Febrero | 28 | 3,65 | 17.640,98 | 2.469,74 |
| Marzo | 31 | 4,83 | 24.494,91 | 3.429,29 |
| Abril | 30 | 5,26 | 25.831,90 | 3.616,47 |
| Mayo | 31 | 5,69 | 28.631,20 | 4.008,37 |
| Junio | 30 | 6,06 | 28.225,07 | 3.951,51 |
| Julio | 31 | 6,23 | 29.373,80 | 4.112,33 |
| Agosto | 31 | 6,14 | 29.089,55 | 4.072,54 |
| Septiembre | 30 | 5,69 | 26.512,83 | 3.711,80 |
| Octubre | 31 | 4,46 | 22.791,75 | 3.190,84 |
| Noviembre | 30 | 3,24 | 16.623,62 | 2.327,31 |
| Diciembre | 31 | 2,60 | 14.036,50 | 1.965,11 |
| Promedio | 365 | 4,72 | 278.059 | 38.928,28 |

Tabla 11 Energía anual ahorrada

Para realizar el cálculo de los ingresos obtenidos se toma como generación inicial 278.059 kWh anuales y un precio de 38.928,28 €.

| | Consumo anual (kWh) | Degradación de placas | Producción de la instalación (kWh) | Precio E.gen (€) |
|----------|---------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------|
| Año 1 | 371637 | 0% | 278059 | 38.928,28 |
| Año 2 | 371637 | 0,60% | 276390,64 | 38694,71 |
| Año 3 | 371637 | 1,20% | 274722,29 | 38461,14 |
| Año 4 | 371637 | 1,80% | 273053,93 | 38227,57 |
| Año 5 | 371637 | 2,40% | 271385,58 | 37994,00 |
| Año 6 | 371637 | 3% | 269717,23 | 37760,43 |
| Año 7 | 371637 | 3,60% | 268048,87 | 37526,86 |
| Año 8 | 371637 | 4,20% | 266380,52 | 37293,29 |
| Año 9 | 371637 | 4,80% | 264712,16 | 37059,72 |
| Año 10 | 371637 | 5,40% | 263043,81 | 36826,15 |
| Año 11 | 371637 | 6% | 261375,46 | 36592,58 |
| Año 12 | 371637 | 6,60% | 259707,10 | 36359,01 |
| Año 13 | 371637 | 7,20% | 258038,75 | 36125,44 |
| Año 14 | 371637 | 7,80% | 256370,39 | 35891,87 |
| Año 15 | 371637 | 8,40% | 254702,04 | 35658,30 |
| Año 16 | 371637 | 9% | 253033,69 | 35424,73 |
| Año 17 | 371637 | 9,60% | 251365,33 | 35191,16 |
| Año 18 | 371637 | 10,20% | 249696,98 | 34957,59 |
| Año 19 | 371637 | 10,80% | 248028,62 | 34724,02 |
| Año 20 | 371637 | 11,40% | 246360,27 | 34490,45 |
| Año 21 | 371637 | 12% | 244691,92 | 34256,88 |
| Año 22 | 371637 | 12,60% | 243023,56 | 34023,31 |
| Año 23 | 371637 | 13,20% | 241355,21 | 33789,74 |
| Año 24 | 371637 | 13,80% | 239686,85 | 33556,17 |
| Año 25 | 371637 | 14,40% | 238018,50 | 33322,60 |
| Ingresos | | | | 903.136,10 |

Tabla 12 Ingresos

En la tabla anterior podemos ver que el ahorro total que supondría realizar el proyecto sería de 903.136,10 €.

9.3 FLUJO DE CAJA

Para ver el dinero real que se ahorra anualmente con la instalación se va a realizar un flujo de caja en el que se va a tener en cuenta el coste inicial del proyecto, el coste del mantenimiento anual que es necesario para que la instalación siga operativa y por último el coste por desmantelar la instalación al completo.

| | Coste Inicial | Precio E.gen (€) | Mantenimiento | Desmantelamiento | Cash Flow |
|--|---------------|------------------|---------------|------------------|-----------|
|--|---------------|------------------|---------------|------------------|-----------|

| | | | | |
|-----------------|------------|-----------------|-------|------------|
| Año 1 | -133921,11 | 38.928,28 | -5000 | -99.992,83 |
| Año 2 | | 38694,7103 2 | -5000 | -66.298,12 |
| Año 3 | | 38461,1406 4 | -5000 | -32.836,98 |
| Año 4 | | 38227,5709 6 | -5000 | 390,59 |
| Año 5 | | 37994,0012 8 | -5000 | 33.384,59 |
| Año 6 | | 37760,4316 | -5000 | 66.145,02 |
| Año 7 | | 37526,8619 2 | -5000 | 98.671,89 |
| Año 8 | | 37293,2922 4 | -5000 | 130.965,18 |
| Año 9 | | 37059,7225 6 | -5000 | 163.024,90 |
| Año 10 | | 36826,1528 8 | -5000 | 194.851,05 |
| Año 11 | | 36592,5832 | -5000 | 226.443,64 |
| Año 12 | | 36359,0135 2 | -5000 | 257.802,65 |
| Año 13 | | 36125,4438 4 | -5000 | 288.928,09 |
| Año 14 | | 35891,8741 6 | -5000 | 319.819,97 |
| Año 15 | | 35658,3044 8 | -5000 | 350.478,27 |
| Año 16 | | 35424,7348 | -5000 | 380.903,01 |
| Año 17 | | 35191,1651 2 | -5000 | 411.094,17 |
| Año 18 | | 34957,5954 4 | -5000 | 441.051,77 |
| Año 19 | | 34724,0257 6 | -5000 | 470.775,79 |
| Año 20 | | 34490,4560 8 | -5000 | 500.266,25 |
| Año 21 | | 34256,8864 | -5000 | 529.523,14 |
| Año 22 | | 34023,3167 2 | -5000 | 558.546,45 |
| Año 23 | | 33789,7470 4 | -5000 | 587.336,20 |
| Año 24 | | 33556,1773 6 | -5000 | 615.892,38 |
| Año 25 | | 33322,6076 8 | -5000 | 644.214,99 |
| Ingresos | | 0 | -5000 | 639.214,99 |
| Ingresos | | | | 639.214,99 |

Tabla 13 Flujo de caja

9.4 VAN

El valor actual neto (VAN) consiste en un criterio de inversión con el cual se estudian tanto los gastos como las inversiones del proyecto, con el fin de saber cuanto dinero se va a perder o a ganar con el proyecto.

La fórmula que sirve para calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Tras aplicar una tasa de descuento anual del 10%, nos queda un VAN de **186.989,59 €**.

$$VAN = 186.989,59 \text{ €.}$$

9.5 TIR

El TIR o tasa interna de rentabilidad o de retorno constituye un indicador más sobre la rentabilidad del proyecto. Esto facilita la toma de decisiones sobre realizar o no una inversión. El TIR indica el porcentaje de ingresos o pérdidas que va a tener la inversión a realizar. El TIR significa cual es la tasa de descuento con la cual el valor del VAN se igualaría a cero y su fórmula es la siguiente.

$$TIR = \frac{-I_0 + \sum_{i=1}^n Fi}{\sum_i^n (i * Fi)}$$

Lo se refiere a la inversión inicial y Fi al flujo de caja de cada año.

$$TIR = 33\%.$$

10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Al igual que cualquier tipo de construcción o reformas en cualquier edificio o estructura es necesario realizar un estudio de la seguridad durante la instalación del proyecto para evitar accidentes con los trabajadores. Además, la instalación de un sistema de paneles solares lleva consigo un riesgo extra al involucrar la electricidad.

El objetivo de realizar este estudio consiste en definir un marco de control y gestión respecto a las actividades y materiales que vayan a ser usados durante la realización de la instalación. Estas mismas normas son las que se tendrán en cuenta anualmente a la hora de realizar los procesos de mantenimiento y desmantelamiento de la instalación.

La normativa que se establezca para llevar a cabo el proyecto se debe encontrar dentro de la Ley 31/1995, la cual habla sobre la prevención de riesgos laborales. Esta ley habla sobre los fundamentos para realizar acciones preventivas y reducir así los accidentes laborales. Otros reglamentos que tratan este tema son el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto) y el Real Decreto 39/1997 en el que se firma la normativa que habla de los servicios de prevención.

Algunos de los riesgos más comunes que se pueden encontrar en una instalación de un sistema de placas fotovoltaicas para autoconsumo son quemaduras producidas al tocar algún contacto térmico o descargas eléctricas del sistema que pueden llegar a producir una parada cardiaca. A parte de los riesgos específicos por ser una instalación eléctrica, también existen los riesgos habituales de cualquier proyecto. Entre estos últimos se encuentran: entradas de partículas en los ojos, cortes al trabajar con maquinaria de corte o incluso fracturas debido a que una maquina se caiga encima del operario.

Las medidas que se tomarán a la hora de realizar la instalación son:

- Casco de polietileno para proteger la cabeza.

- Guantes homologados según la Norma Técnica Reglamentaria MT4.
- Cinturones de seguridad para caídas.
- Protectores auditivos.
- Gafas protectoras para la vista.
- Herramientas aislantes para evitar descargas.

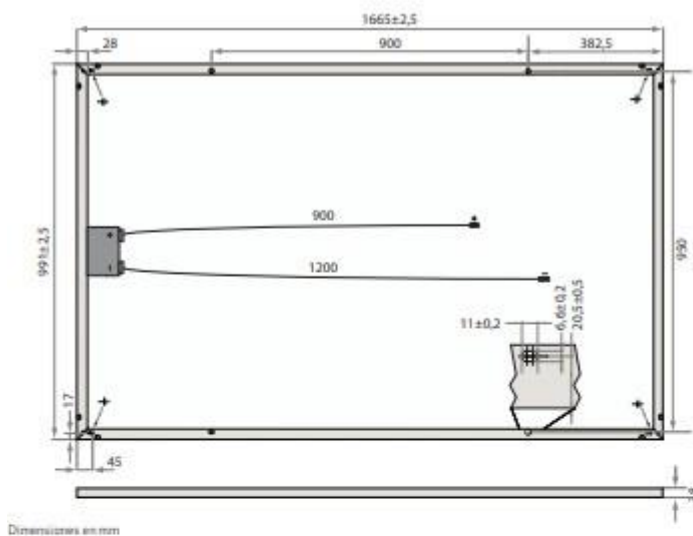
BIBLIOGRAFÍA

- [1] “PlanenergíaCapitulo2“. [Consultado el 6 de junio 2023].
<http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/planenergiaCapitulo2.pdf>
- [2] “Que son las energías renovables” Repsol.com
https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshml?gclid=Cj0KCQjwzdOIBhCNARIsAPMwjbzbhy7FzqiuKMm0hmo_MgjYYvSre1z6Ie3A_KTR-ZnfR9uV4qVa5ykaAj7iEALw_wcB
- [3] “El efecto fotoeléctrico, ¿en qué consiste? Fundeen. [Consultado el 6 de junio 2023].
<https://www.fundeen.com/blog-energias-renovables/el-efecto-fotoelectrico-en-que-consiste>
- [4] “Principales componentes de una instalación fotovoltaica” Sotysolar. [Consultado el 10 de junio 2023].
https://sotysolar.es/blog/componentes-instalacion-fotovoltaica?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_dsa&gclid=Cj0KCQjwzdOIBhCNARIsAPMwjbwHSdHsCiJ4H0LVmmaJ6PGTY4rfs3UwmRaN5vK_CNIiOVY8ryArEOiUaAuW6EALw_wcB
- [5] “Paneles solares monocristalinos vs policristalinos, ¿cuál escoger?” Sotysolar.es. [Consultado el 10 de junio 2023].
<https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas>
- [6] “Conexión de paneles solares. ¿En serie o paralelo?” Sotysolar.es. [Consultado el 15 de junio 2023].
https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_dsa&gclid=Cj0KCQjwzdOIBhCNARIsAPMwjbbyuhJYNNg6_XiPrj6SPtP3IE2zh4a8Fpq4PoAI4EHqiAfxI7eEYOgaArTnEALw_wcB
- [7] “Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica”. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Consultado el 15 de junio 2023].
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>

- [8] “Objetivos y metas de desarrollo sostenible”. Organización de las Naciones Unidas. [Consultado el 20 de junio 2023]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [9] “Ficha técnica Soporte inclinado para módulos”. [Consultado el 20 de junio de 2023]. https://supermercadosolar.es/fichas/ast_ficha_tecnica.pdf
- [10] “Orientación de las placas solares. ¿Cuál es la mejor?” Sotysolar.es. [Consultado el 5 de julio 2023]. https://sotysolar.es/blog/como-afecta-la-orientacion-de-tu-tejado-a-tu-instalacion-de-placas-solares?hs_amp=true&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_ds_a&gclid=Cj0KCQjwzdOIBhCNARIsAPMwjbw8lOb7gfDYhIpy216Y1zAd-hH_KzvVN4G3nfmG57TskUh_qyHX0RgaAv6-EALw_wcB
- [11] “Inclinación, Orientación y Sombras en fotovoltaica.” Areatecnología.com. [Consultado el 5 de julio de 2023]. <https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html>
- [12] “Distancia en filas de paneles solares para evitar el sombreado.” Tecnosolab.com. [Consultado el 10 de julio 2023]. <https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/#:~:text=Por%20tanto%20necesitamos%20una%20distancia,de%20paneles%20de%201%2C40m.>
- [13] “Precios y presupuestos para legalizar una instalación de placas solares” Habitissimo.es [Consultado el 10 de julio 2023]. <https://www.habitissimo.es/presupuestos/legalizar-placas-solares>

ANEXOS

Ficha técnica de los módulos.



| PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC | Código de producto*: RECxxxPE | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Potencia nominal - P _{MPP} (Wp) | 250 | 255 | 260 | 265 | 270 | 275 |
| Clasificación de la potencia -(W) | -0/+5 | -0/+5 | -0/+5 | -0/+5 | -0/+5 | -0/+5 |
| Tensión nominal - U _{MPP} (U) | 30,2 | 30,5 | 30,7 | 30,9 | 31,2 | 31,5 |
| Corriente nominal - I _{MPP} (A) | 8,30 | 8,42 | 8,50 | 8,58 | 8,66 | 8,74 |
| Tensión a circuito abierto - U _{OC} (U) | 37,4 | 37,6 | 37,8 | 38,1 | 38,4 | 38,7 |
| Corriente corto circuito - I _{CC} (A) | 8,86 | 8,95 | 9,01 | 9,08 | 9,18 | 9,25 |
| Eficiencia del módulo (%) | 15,2 | 15,5 | 15,8 | 16,1 | 16,4 | 16,7 |

Valores en condiciones estándares de medida (STC: masa de aire AM 1,5, irradiación 1000 W/m², temperatura ambiente 25°C), basados en una distribución de producción con un ±3% de tolerancia de U_{OC} e I_{CC} en un tipo de potencia.
 En bajas radiaciones de 200 W/m² y condiciones STC es posible obtener, al menos el 95,5% de la eficiencia.
 *Donde xxx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente, y puede estar seguida del sufijo BLK para paneles con el marco negro.

| PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NMOT | Código de producto*: RECxxxPE | | | | | |
|--|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| Potencia nominal - P _{MPP} (Wp) | 183 | 187 | 190 | 193 | 196 | 202 |
| Tensión nominal - U _{MPP} (U) | 27,8 | 28,0 | 28,2 | 28,4 | 28,6 | 28,8 |
| Corriente nominal - I _{MPP} (A) | 6,58 | 6,68 | 6,74 | 6,80 | 6,86 | 7,02 |
| Tensión a circuito abierto - U _{OC} (U) | 34,7 | 34,8 | 35,0 | 35,3 | 35,7 | 36,0 |
| Corriente corto circuito - I _{CC} (A) | 7,11 | 7,18 | 7,23 | 7,29 | 7,35 | 7,40 |

Temp. de operación nominal del módulo (NMOT: masa de aire AM 1,5, irradiación 800 W/m², temp. ambiente 20°C, velocidad del viento: 1 m/s).
 *Donde xxx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente, y puede estar seguida del sufijo BLK para paneles con el marco negro.

CERTIFICADOS



IEC 61215, IEC 61730 & LL 1703, IEC 62804 (PID), IEC 61701 (nivel 6), IEC 62716 (resistencia al amarillamiento), IEC 62050 > 6B (degradación por tormentas de arena), ISO 11825-2 (Cat. E), UNI 8457/9174 (Cat. A), ISO 9001:2015, ISO 14001, OHSAS 18001

GARANTÍA

10 años de garantía de producto
 25 años de garantía lineal de la potencia nominal (máxima degradación de rendimiento del 0,7% p.a.)
 (Ver detalles en las Condiciones de Garantía)

16,7% EFICIENCIA

10 AÑOS DE GARANTÍA DE PRODUCTO

25 AÑOS DE GARANTÍA LINEAL DE LA POTENCIA NOMINAL

DATOS GENERALES

Tipo de célula: 60 células multicristalinas
 3 cadenas de 20 células en serie

Cristal: Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflejante

Lámina posterior: Poliéster de alta resistencia

Marco: Aluminio anodizado (plata / negro)

Caja de conexiones: 3 diodos de derivación, IP67
 De conformidad con IEC 627910

Cable: 4 mm² cable solar, 0,9m + 1,2 m
 De conformidad con EN 50618

Conectores: Stäubli MC4 PV-KBT4/PV-KST4 (4 mm²)
 Tongjin TL-Cable DIS-FR (4 mm²)
 De conformidad con IEC 62852, IP68 solo cuando se conecta

Origen: Fabricado en Singapur

LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo: -40 ... +85°C

Voltaje máximo del sistema: 1000V

Carga de diseño (+) nieve: 367 kg/m² (3600 Pa)*

Máxima carga de prueba (+): 550 kg/m² (5400 Pa)

Carga de diseño (-) viento: 163 kg/m² (1600 Pa)*

Máxima carga de prueba (-): 244 kg/m² (2400 Pa)

Capacidad máxima del fusible: 25 A

Máxima Corriente Inversa: 25 A

*Factor de seguridad 1,5

PARÁMETROS TÉRMICOS*

Temp. de operación nominal del módulo: 45,7°C (±2°C)

Coefficiente de temperatura para P_{MPP}: -0,40 %/°C

Coefficiente de temperatura para U_{OC}: -0,27 %/°C

Coefficiente de temperatura para I_{CC}: 0,024 %/°C

*Los coeficientes de temperatura mencionados son valores lineales

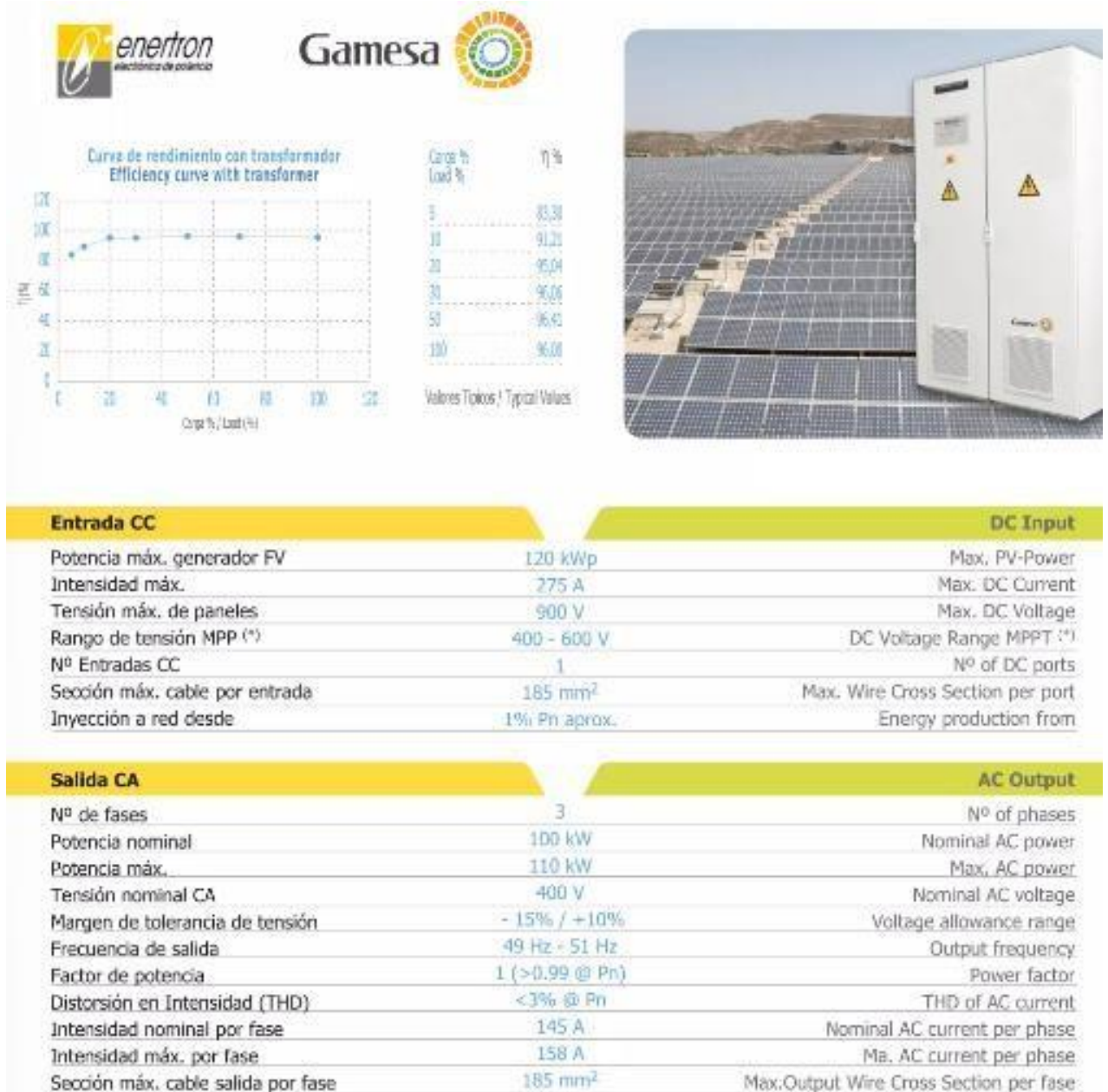
DATOS MECÁNICOS

Dimensiones: 1665 x 991 x 38 mm

Área: 1,65 m²

Peso: 18 kg

Ficha técnica del inversor.



Otras Características **Other Features**

| | | |
|--|-----------------------------|--|
| Tª ambiente admisible | 0 °C – 40 °C | Permissible ambient temperature |
| Dimensiones (ancho x alto x fondo) Incluyendo cuadro CC 6 secciones | 1200 x 2000 x 800 mm | Dimensions (width x height x depth) 6 sections DC electrical panel board included |
| Peso | 1.200 kg | Weight |
| Protección | IP - 54 | Protection |
| Ventilación forzada (caudal recomendado) (*) | 3.100 m ³ / hora | Forced ventilation (recommended flow) (*) |

Interfaces **Interfaces**

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Display | Display |
| Protocolo de comunicación MODBUS-RTU | Communication protocol MODBUS-RTU |
| Conexión RS.485 | Connection RS.485 |

Principales Estándares **Main Standards**

| | |
|--|---|
| CEM: EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, Conformidad CE | CEM: EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, CE conformity |
| Otras normativas: consultar con fabricante | Other standard: consult manufacturer |

Funciones de Protección **Electrical Protection**

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Polarización inversa | Reverse polarity |
| Sobretensiones transitorias CC y CA | DC and AC transient overvoltage |
| Cortocircuitos CC y CA | DC and AC shortcircuit |
| Fallos de aislamiento campo fv | PV field insulation breakdown |
| Sobrettemperatura en el equipo | Overtemperature |
| Protección Anti-Isla | Anti-Islanding protection |
| Secuencia de fases correcta | Correct phase sequence |
| Sobrecarga AC | Ac overload |
| Con transformador de aislamiento | With transformer |
| Descargadores de sobretensión CC, CA | Surge voltage arrestors DC, AC |

(*) Caudal libre de pérdidas de carga

(*) Flow without flow losses

ENERTRON

Ficha técnica soportes.







Características técnicas

| | | | |
|------------------------|--|----------------------|-------------------|
| Nombre del soporte | Inclinado Triángulo cerrado (ASTxG, ASTxM) Soportes entre 1 y 6 paneles | | |
| Tipo de superficie | Techo plano o inclinado / Suelo / | | |
| Ángulo de inclinación | 15° - 30° (otras inclinaciones a demanda) | Normativas de diseño | CTE |
| Carga de Viento | 81 m/s | Material perfiles | AL-6068-T5 |
| Carga de Nieve | 1.5 KN/m2 | Tornillería | INOX A2 |
| Compatibilidad | Chapa sándwich / | Grapas de sujeción | AL-6068-T5 |
| Disposición módulos | Vertical | Color | Gris |
| Válido para marcos de: | 80 / 85 / 40 mm | Garantía | 10 años |

Ventajas

- **Facilidad y rapidez de montaje:**
El reducido número de piezas y sencillez del sistema de montaje hace que este soporte tenga una instalación rápida.
- **Flexibilidad en la inclinación:**
Para adaptarse a la zona en la que se quiera montar, se puede elegir entre una inclinación de 15° o 30°. También se puede optar por una inclinación personalizada sobre pedido, beneficiándose así de nuestro trato personalizado.
- **Versatilidad en la fijación:**
Se puede instalar tanto en techos planos o suelos, así como en techos inclinados (panel sándwich, chapa metálica, tejados...).

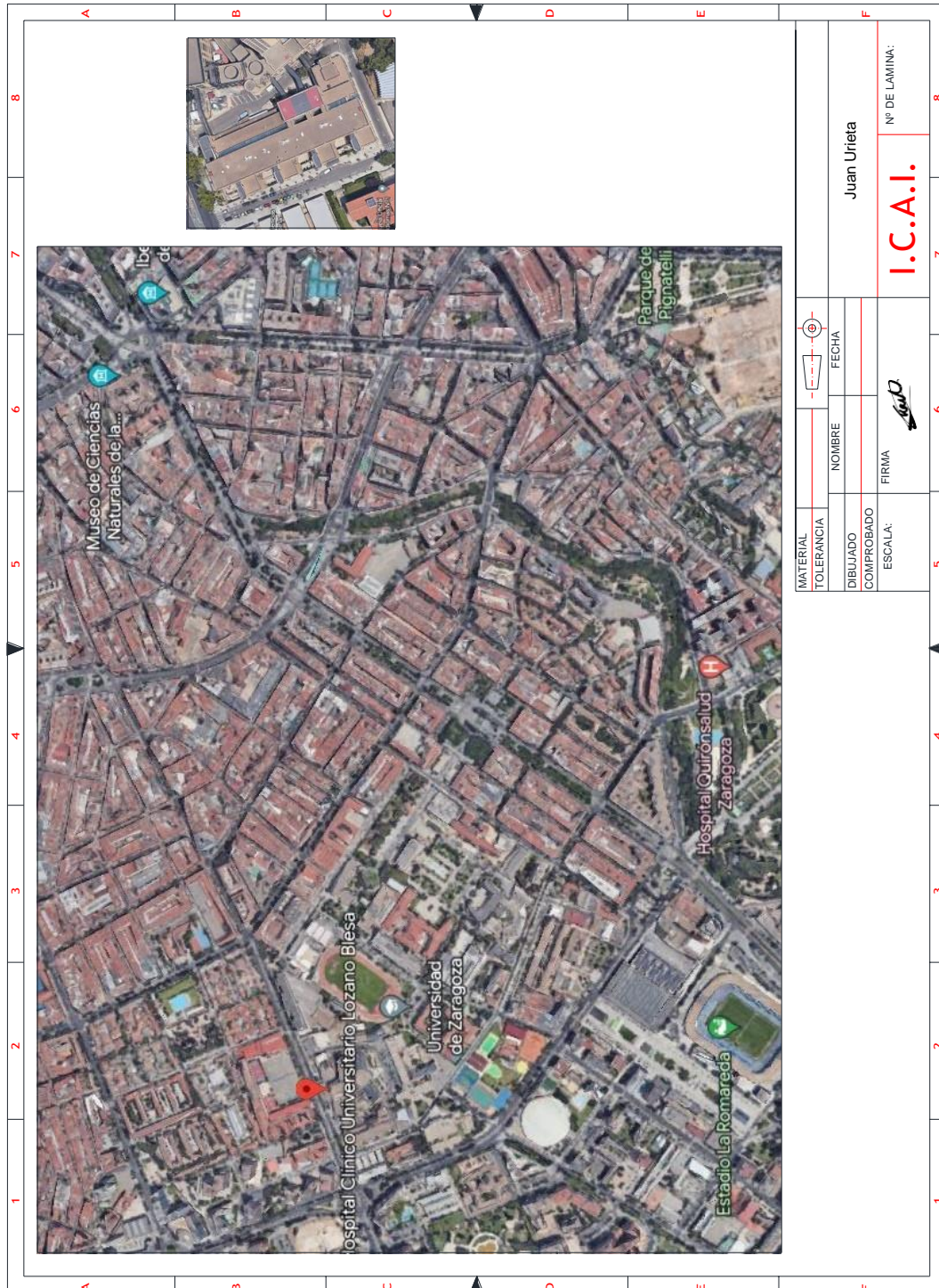
Componentes

| | | | |
|--------------------------|---|---------------------------------|---|
| 1. Perfil Coplanar |  | 2. Empalme coplanar |  |
| 3. Kit Presor Final |  | 4. Kit Presor Central |  |
| 5. Kit Soporte Triángulo |  | 6. T02 Tornillo cabeza martillo |  |

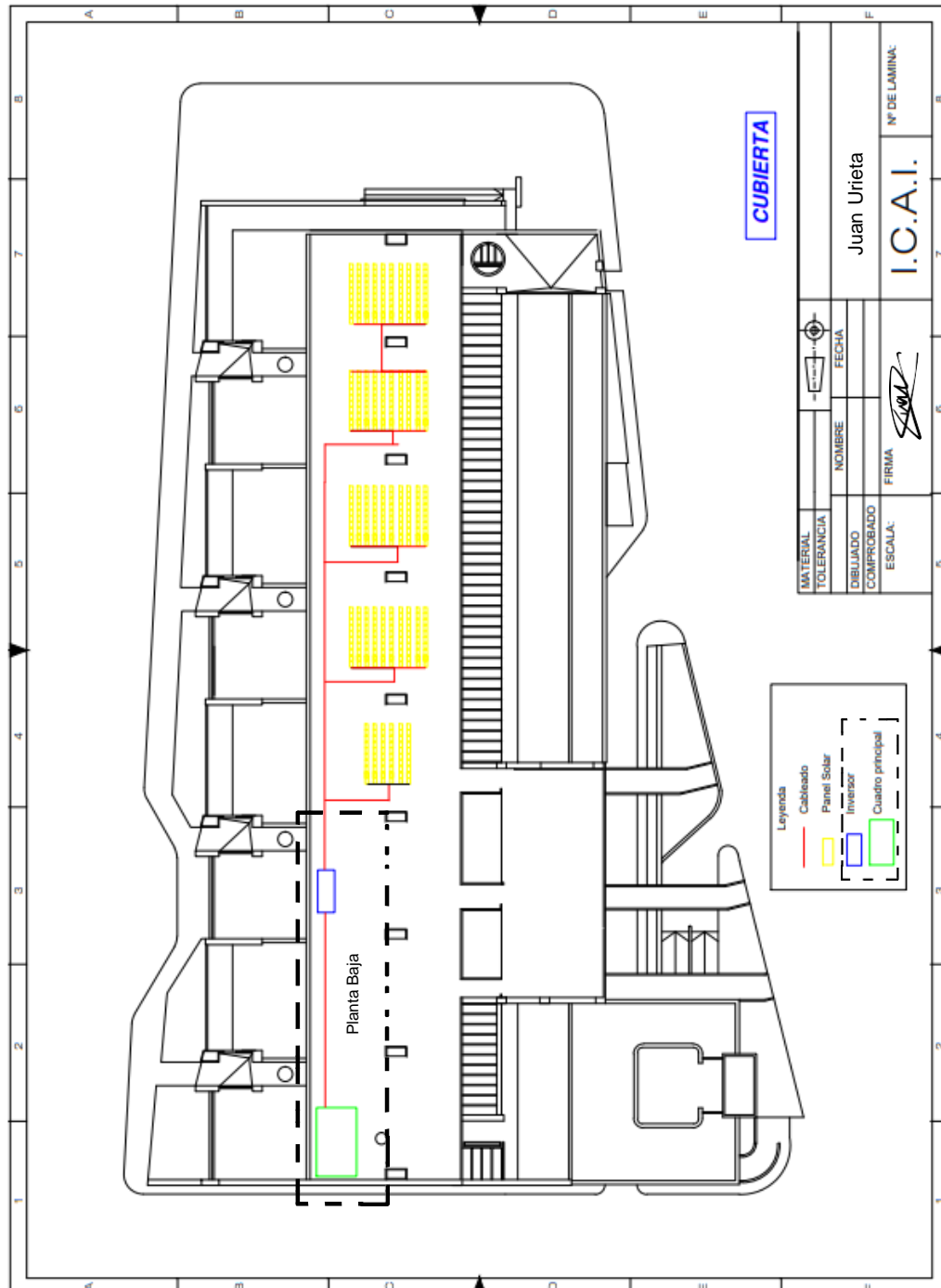
Componentes por número de paneles

| Nº de Paneles | ASTxG | | | | | |
|----------------------------|-------|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 Perfil Coplanar 220mm | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 6 |
| 1 Perfil Coplanar 130mm | 2 | | 2 | | | |
| 1 Perfil Coplanar 300mm | | 2 | | 2 | | 2 |
| 2 Empalme Coplanar | | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 |
| 3 Kit Presor Final | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 Kit Presor Central | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 5 Kit Soporte Triángulo | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 6 Tornillo Cabeza Martillo | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | 10 |

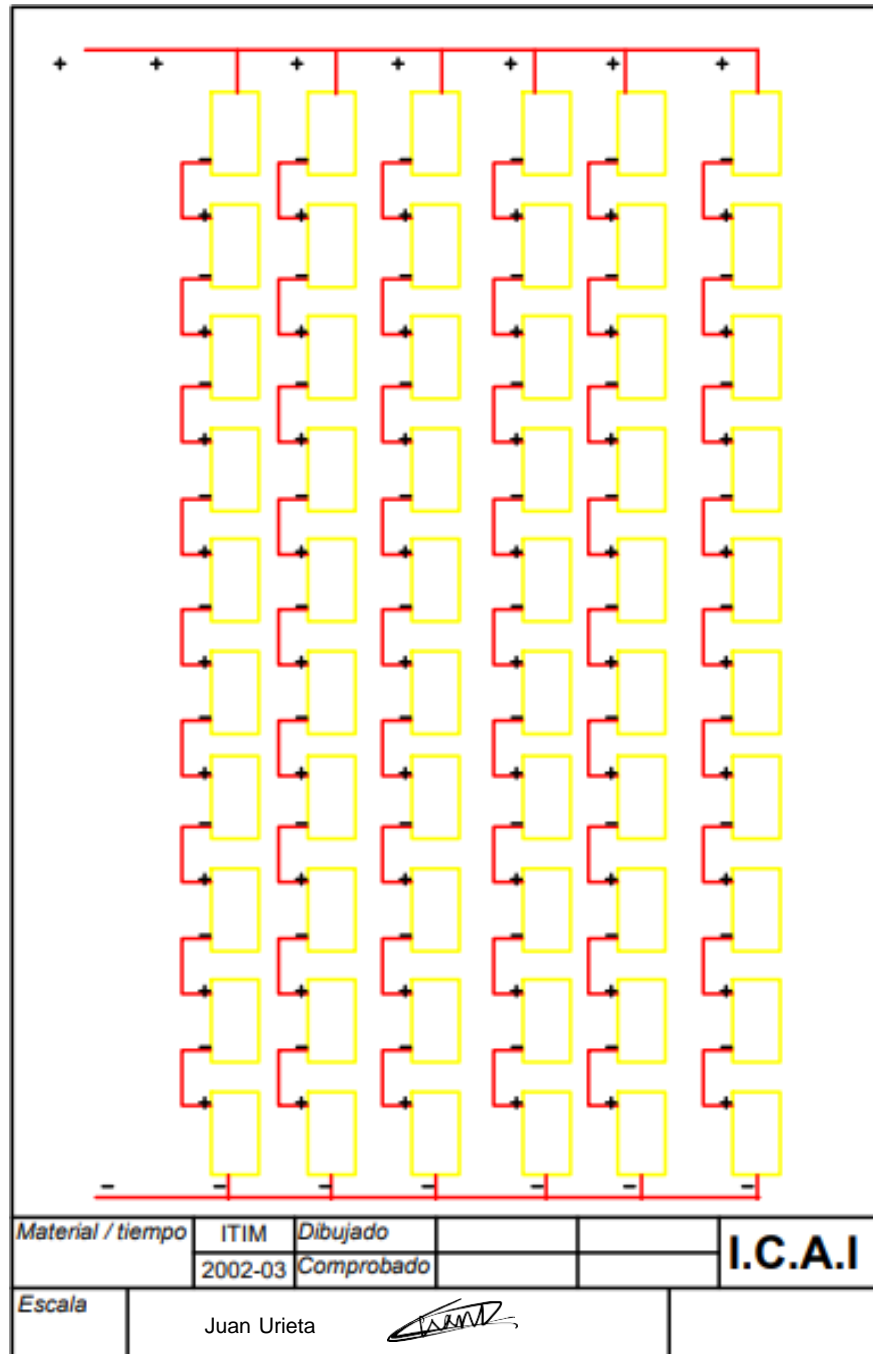
Plano ubicación instalación.



Plano instalación de los paneles solares.



Plano de cableado paneles



Plano unifilar de la instalación.

