



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Creación de comunidades energéticas en España

Autor: Miguel Galán Ruiz

Director: José María Revuelto Matesanz

Codirector: Andryi Lyalka Lyalka

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Creación de comunidades energéticas en España

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/2023 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.: Miguel Galán Ruiz

Fecha: 26/ 08 / 2023



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: José María Revuelto Matesanz

Fecha: 28/ 08 / 2023

Firmado por orden:

Fernando de Cuadra García



# CREACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN ESPAÑA

**Autor: Galán Ruiz, Miguel.**

Director: Revuelto Matesanz, José María.

Entidad Colaboradora: Remo Renovables

## RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se estudia la viabilidad de la creación de comunidades energéticas en España. Se analiza teóricamente el tema desde los puntos de vista técnico, económico y legislativo. Además, se realiza un modelo de comunidad energética en el tejado de un edificio en Madrid con el fin de poner en práctica el marco teórico. Se llega a la conclusión de que las comunidades energéticas podrán ser una gran opción en el futuro a falta de un marco legal bien definido en la actualidad.

**Palabras clave:** Comunidad energética, módulo fotovoltaico, inversor

### 1. Introducción

En el mundo de hoy los problemas medioambientales asociados al calentamiento global están en auge debido a las incesantes emisiones de gases de efecto invernadero. Es por ello por lo que gobiernos de todo el mundo apuestan por la descarbonización de nuestra industria y en concreto del sector eléctrico.[1] Bajo esta premisa surgen proyectos relacionados con las renovables y con el fin de ayudar a la sociedad, como lo son las comunidades energéticas. Estas comunidades unen las dos ideas tratando de incentivar el uso de energías renovables y la inclusión energética libre de todos los ciudadanos.

### 2. Definición del Proyecto

Una comunidad energética se define como una entidad jurídica, como lo puede ser una comunidad de vecinos, un grupo de empresas o un barrio, en la que sus miembros participan libremente, y que desarrollan un proyecto de energías renovables con el fin de “proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios”. [2]

El proyecto consiste en crear una de estas comunidades y que se abastezca de energía fotovoltaica. Para ello se diseñará una planta fotovoltaica desde un software llamado PVsyst y la cual se situará en el tejado de la Universidad Pontificia de Comillas – ICAI. Paralelamente se creará un modelo económico de costes y financiación, y un estudio de la viabilidad legislativa del mismo.

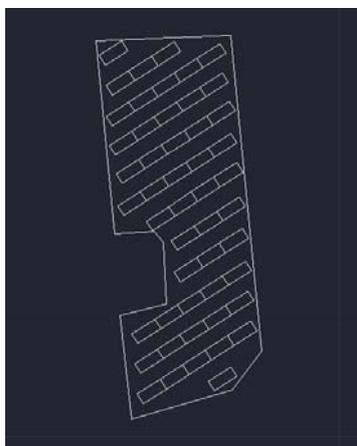
### 3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El modelo de la planta fotovoltaica se ha realizado a través de PVsyst. El objetivo de este modelo es el de obtener la mayor potencia de salida posible para así abastecer mejor a la comunidad.

Una planta fotovoltaica tiene dos principales actores como los son los módulos fotovoltaicos y el inversor, es importante que sean compatibles unos con otros y su elección determinará la potencia de salida de esta. También será crucial para nuestro objetivo establecer el número de placas del que se hará uso en función del espacio disponible para la instalación.

Para formular el modelo primero se procede a escoger las coordenadas de la ubicación de la planta FV, la cual será Alberto Aguilera 25, Madrid. Luego se describe la orientación y tipo de placa a utilizar, en nuestro caso será orientación sur a 36 grados de tipo plano inclinado fijo. A continuación, se procede a escoger el modelo del módulo FV que será el de 690W de

Canadian Solar, y con las longitudes de la placa se determina la distancia entre ellas para no generar sombra y que será de aproximadamente 2 metros. Con estas medidas se ve que distribución es posible hacer de las placas en el terreno y así dar con el número de módulos a utilizar, que son 50. En la Figura 1 se puede ver la distribución de las placas.



*Figura 1. Distribución de los módulos fotovoltaicos*

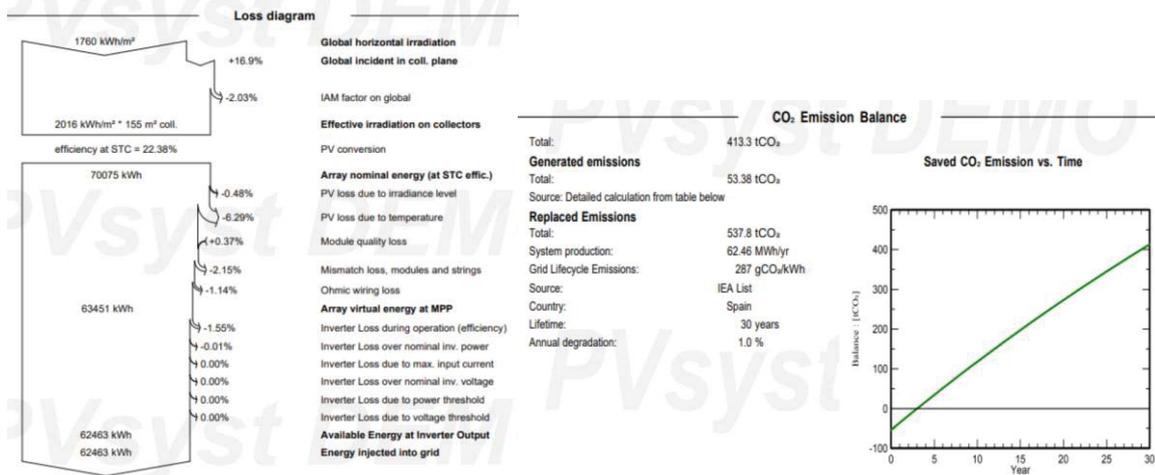
Finalmente, con el número de placas se sabe que la potencia máxima que se puede generar es de 34,8 KW por lo que se debe escoger un inversor que sea compatible con esta potencia, con las tensiones de funcionamiento máximo y de circuito abierto. También se debe fijar el número de cadenas y módulos en serie en los que se conectarán los módulos. Teniendo todo esto en cuenta se decide utilizar un inversor de 33KW de la marca AOTAI y conectar los módulos en 5 cadenas de 10 módulos en serie cada.

Con toda esta información se procede a evaluar los costes relativos al proyecto en los que se incluyen los módulos FV, el inversor, la mano de obra, la estructura de soporte, el contador bidireccional, el cuadro de protecciones y las licencias.

#### **4. Resultados**

El modelo genera un archivo que detalla las propiedades de la planta, en primer lugar, hay que fijarse en dato más importante que es la energía que genera anualmente la planta y qué significado tiene. La planta genera tras pérdidas 62463 KWh al año, tal y como se puede observar en el diagrama de Sankey de la Figura 2, en términos de viviendas sería capaz de abastecer a 231 ya que cada una consume de media 270KWh. Pero como la universidad participa en el proyecto no toda la capacidad se destina a las viviendas pertenecientes a la comunidad. Como no disponemos del consumo energético de ICAI hacemos una estimación en función de consumo de otra universidad del tipo técnico ponderando en función del número de estudiantes, el resultado es que ICAI consumiría al año unos 829110 KWh. Por lo tanto, la instalación cubriría apenas un 7,5% de la demanda de ICAI. Cabe destacar que la planta ahorraría al medioambiente 413,3 toneladas de CO<sub>2</sub>, Figura 3.

Tras un análisis de costes se ha determinado que el proyecto rondará los 33287€ incluyendo los costes materiales, de permisos y mano de obra. Este coste se puede paliar por medio de una subvención de PRTR que todavía tiene que activar dos fases de ayudas por valor de 10 y 30 millones de euros para incentivar los proyectos de energías renovables.[3] También se contemplan otros métodos como aportaciones de los miembros o préstamos bancarios.



Figuras 2 y 3: Diagrama de Sankey y emisiones de CO<sub>2</sub> de la planta FV

Respecto al plano legislativo el propio BOE establece que las comunidades energéticas no están contempladas aún en el ordenamiento jurídico español. Sin embargo, en esta misma orden se establece que las comunidades energéticas son un actor fundamental en los objetivos de descarbonización, que en el futuro está previsto establecer un marco legal claro y que se pretende incentivar este tipo de proyectos. [2]

## 5. Conclusiones

Las comunidades energéticas son grandes candidatos de cara al futuro, pues se ha demostrado que son buenos contribuidores a la descarbonización de nuestra energía ya no solo por utilizar recursos renovables sino por trasladar la generación a la demanda descargando así las líneas de transmisión.

Se concluye que la creación de una comunidad energética es viable, tanto técnicamente como económicamente se puede observar que el proyecto planteado es totalmente realizable y cumpliría con los requisitos de la comunidad. Sin embargo, a falta de un marco legal estable parece mejor como opción futura ya que hay mucha legislación aún por clarificar y en materia de subvenciones.

## 6. Referencias

El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050. (s. f.). Retirado de <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-gobierno-aprueba-la-estrategia-de-descarbonizaci%C3%B3n-a-largo-plazo-que-marca-la-senda-para-alcanzar-la-neutralidad-clim%C3%A1tica-a-2050/tcm:30-516141> [1]

BOE-A-2023-452 Orden TED/1359/2022, de 28 de diciembre, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de ayudas para proyectos de nuevos modelos de negocio en la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (2023). Retirado de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452) [2]

Programa de Incentivos a proyectos piloto singulares de comunidades energéticas (CE IMPLEMENTA) | Idae. (2023). Retirado de <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/programa-de-incentivos-proyectos-piloto-singulares-de> [3]

# **CREATION OF ENERGETIC COMMUNITIES IN SPAIN**

**Author: Galán Ruiz, Miguel.**

Supervisor: Revuelto Matesanz, José María.

Collaborating Entity: Remo Renovables

## **ABSTRACT**

This project studies the feasibility of creating energetic communities in Spain. The subject is analyzed theoretically from the technical, economic, and legislative points of view. In addition, a model of an energy community on the roof of a building in Madrid is made to put the theoretical framework into practice. Energy communities could be a great option in the future in the absence of a well-defined legal framework at present.

**Keywords:** Energetic community, photovoltaic module, inverter

## **1. Introduction**

In today's world, environmental problems associated with global warming are increasing due to the continued emissions of greenhouse gases. This is why governments worldwide are committed to the decarbonization of our industry, particularly the electricity sector. [1] Under this premise, projects related to renewables and helping society are emerging, such as energetic communities. These communities unite the two ideas, trying to encourage the use of renewable energies and the free, energetic inclusion of all citizens.

## **2. Definition of the project**

An energy community is defined as a legal entity, such as a community of neighbors, a group of companies, or a neighborhood, where its members participate freely, and which develops a renewable energy project to "provide environmental, economic or social benefits to its members." [2]

The project consists of creating one of these communities and supplying it with photovoltaic energy. To do this, a photovoltaic plant will be designed from a software called PVsyst, which will be located on the roof of the Universidad Pontificia de Comillas - ICAI. At the same time, an economic model of costs and financing will be created, and a study of its legislative feasibility.

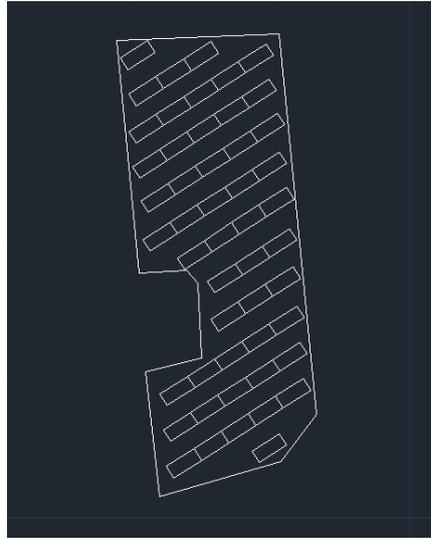
## **3. Description of the model/system/tool**

The model of the photovoltaic plant has been made through PVsyst. This model aims to obtain the highest possible power output to better supply the community.

A photovoltaic plant has two main actors, such as the photovoltaic modules and the inverter; they must be compatible with each other, and their choice will determine the plant's power output. Our objective will also be crucial to establish the number of panels that will be used depending on the space available for the installation.

To formulate the model, we first choose the coordinates of the location of the PV plant, which will be Alberto Aguilera 25, Madrid. Then, we describe the orientation and type of plate to be used; in our case, it will be a south orientation at 36 degrees of fixed inclined plane type. Next, we proceed to choose the model of the PV module, which will be the 690W of Canadian Solar, and with the lengths of the plate, we determine the distance between them so as not to generate shadow, which will be approximately 2 meters. With these

measurements, it is possible to see the distribution of the plates on the ground and thus find the number of modules to be used, which is 50.



*Figure 1. Distribution of photovoltaic modules*

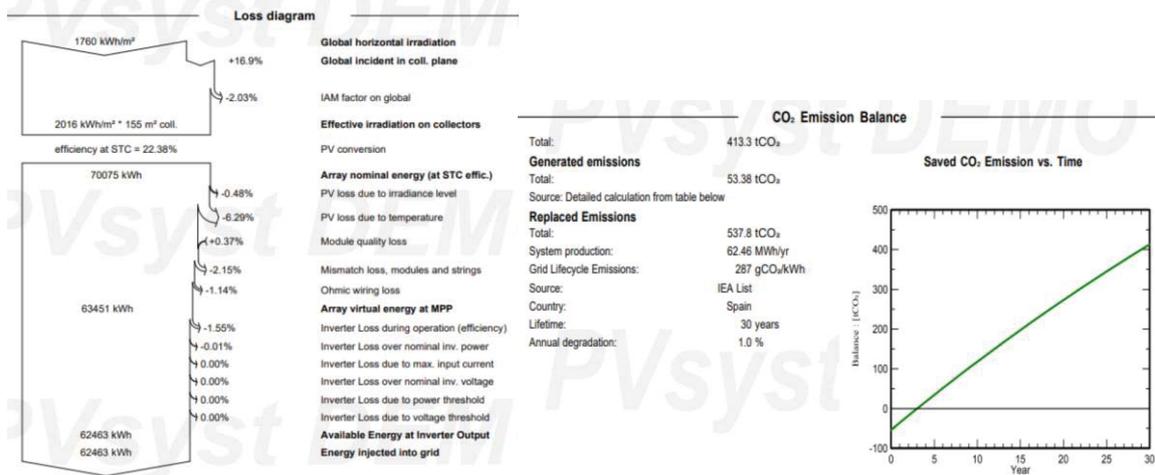
Finally, with the number of plates, it is known that the maximum power that can be generated is 34.8 KW, so an inverter must be chosen that is compatible with this power, with the maximum operating and open circuit voltages. The number of strings and modules in series in which the modules will be connected must also be fixed. Considering all this, it is decided to use a 33KW AOTAI inverter and connect the modules in 5 strings of 10 modules in series each.

With all this information, we proceed to evaluate the costs related to the project, which include the PV modules, the inverter, the labor, the support structure, the bidirectional meter, the protection panel, and the licenses.

#### **4. Results**

The model generates a file detailing the properties of the plant; first, it is necessary to look at the most important data, which is the energy generated annually by the plant and its significance. After losses of 62463 KWh per year, the plant generates, as seen in the Sankey diagram in Figure 2, could supply 231 homes since each consumes, on average, 270 KWh. However, as the university participates in the project, only some of the capacity is allocated to the dwellings belonging to the community. As we do not have the energy consumption of ICAI, we make an estimate based on the consumption of another technical university weighted according to the number of students; the result is that ICAI would consume about 829110 KWh per year. Therefore, the installation would cover barely 7.5% of ICAI's demand. It should be noted that the plant would save the environment 413.3 tons of CO<sub>2</sub>, Figure 3.

After a cost analysis, it has been determined that the project will cost around 33287€, including material costs, permits, and labor. This cost can be alleviated through a grant from PRTR, which has yet to activate two phases of grants of 10 and 30 million euros to incentivize renewable energy projects.[3] Other methods, such as contributions from members or bank loans, are also being considered.



Figures 2 and 3: Sankey diagram and CO<sub>2</sub> emissions of the PV plant.

Regarding the legislative level, the BOE states that energy communities must still be contemplated in the Spanish legal system. However, this same order states that energetic communities are key players in the decarbonization objectives, that in the future, it is planned to establish a clear legal framework, and that it is intended to provide incentives for this type of project. [2]

## 5. Conclusions

Energetic communities are great candidates for the future since it has been demonstrated that they are good contributors to the decarbonization of our energy, not only by using renewable resources but also by transferring generation to demand, thus unloading transmission lines.

Creating an energetic community is technically and economically feasible; the proposed project is fully feasible and would meet the community's requirements. However, in the absence of a stable legal framework, it seems better as a future option since there is a lot of legislation still to be clarified regarding subsidies.

## 6. References

El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050. (s. f.). Retrieved from <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-gobierno-aprueba-la-estrategia-de-descarbonizaci%C3%B3n-a-largo-plazo-que-marca-la-senda-para-alcanzar-la-neutralidad-clim%C3%A1tica-a-2050/tcm:30-516141> [1]

BOE-A-2023-452 Orden TED/1359/2022, de 28 de diciembre, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de ayudas para proyectos de nuevos modelos de negocio en la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (2023). Retrieved from [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452) [2]

Programa de Incentivos a proyectos piloto singulares de comunidades energéticas (CE IMPLEMENTA) | Idae. (2023). Retrieved from <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/programa-de-incentivos-proyectos-piloto-singulares-de> [3]

## *Índice de la memoria*

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	4
1.2 Contexto y justificación.....	4
1.3 Objetivos del proyecto.....	7
1.4 Alineación con los ODS:.....	8
<b>Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....</b>	<b>10</b>
2.1 Energía solar.....	10
2.2 Modulo FV: .....	11
2.3 Inversor: .....	12
2.4 Elegir el inversor a partir de los módulos fotovoltaicos:.....	12
<b>Capítulo 3. Estado de la Cuestión .....</b>	<b>14</b>
3.1 Definición de una comunidad energética .....	14
3.2 Beneficios y limitaciones de las comunidades energéticas .....	15
3.3 Marco legal y administrativo de las comunidades energéticas.....	15
<b>Capítulo 4. Definición del Trabajo .....</b>	<b>18</b>
4.1 Justificación del trabajo.....	18
4.2 Definición del Proyecto.....	18
4.3 Fases del proyecto .....	19
<b>Capítulo 5. Sistema/Modelo Desarrollado.....</b>	<b>21</b>
5.1 Modelo de la planta FV .....	21
5.2 Modelo económico.....	31
<b>Capítulo 6. Análisis de Resultados.....</b>	<b>33</b>
6.1 Análisis técnico .....	33
6.2 Análisis económico .....	34
6.3 Análisis legal / Administrativo.....	36
<b>Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</b>	<b>37</b>
7.1 Conclusión.....	37
7.2 Trabajos futuros.....	38

*Capítulo 8. Bibliografía..... 39*

*ANEXOS I, II, III..... 43*

## *Índice de figuras*

Figura 1: Gráfico histórico de emisiones de dióxido de carbono [3] .....	5
Figura 2. Listado de los ODS planteado por Naciones Unidas [8].....	8
Figura 3. Diagrama del funcionamiento de una célula fotovoltaica [12] .....	11
Figura 4. Diagrama de la disposición ejemplo de los módulos FV.....	13
Figura 5. Imagen del tejado de Alberto Aguilera 25 .....	19
Figura 6. Imagen de la configuración geográfica en PVsyst.....	21
Figura 7. Imagen de la configuración orientativa de los módulos FV en PVsyst .....	22
Figura 8. Imagen del área disponible para la instalación de módulos FV.....	23
Figura 9. Representación del espacio ocupado por los módulos actualmente.....	23
Figura 10. Representación de la distancia entre dos paneles FV [17].....	24
Figura 11. Fórmula para calcular la distancia mínima entre dos placas [18] .....	24
Figura 12. Imagen de la distribución de placas .....	26
Figura 13. Imagen de la configuración del sistema en PVsyst.....	27
Figura 14. Gráfico de la producción anual de la planta fotovoltaica.....	28
Figura 15. Tabla de la producción anual de la planta fotovoltaica.....	28
Figura 16. Diagrama de Sankey de la planta .....	29
Figura 17. Diagrama unifilar de la planta.....	30
Figura 18. Esquema de ahorro de carbono de la planta fotovoltaica.....	30
Figura 19. Tabla de costes de la instalación fotovoltaica .....	31
Figura 20. Tabla de criterios para obtener la ayuda del PRTR.....	35

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de comunidades energéticas surge a raíz del nuevo paradigma energético que vivimos y que se mantendrá a lo largo de las próximas décadas. Este paradigma gira entorno al uso de energías renovables, el autoconsumo y el cuidado del medioambiente con el fin de frenar el cambio climático que la comunidad científica respalda.

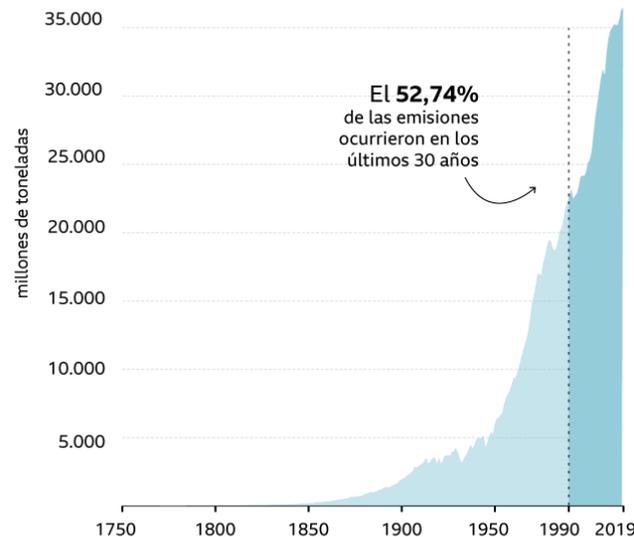
Es por ello por lo que cada individuo de la sociedad tiene la responsabilidad ética de aportar lo que pueda a esta causa, y en nuestro caso, estamos ofreciendo una opción que ya no solo sigue la línea de todo lo dicho, sino que cabe la posibilidad de que existan incentivos fiscales que beneficien a aquellos individuos que decidan implantar comunidades energéticas allá donde vivan.

Realizamos este proyecto para investigar y desarrollar la viabilidad de las comunidades energéticas, analizando y estudiando toda la problemática del tipo legal, económica, técnica y administrativa. Finalmente esperamos llegar a una conclusión firme sobre la creación de comunidades energéticas.

### 1.2 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

En el mundo de hoy los problemas medioambientales asociados al calentamiento global están en auge debido a las incesantes emisiones de gases de efecto invernadero. Desde la revolución industrial allá por el siglo XVIII hasta nuestros tiempos, el ser humano ha ido incrementando la cantidad de gases emitidos a la atmósfera, potenciando un proceso natural como es el calentamiento global, y que ha hecho elevar la temperatura de la tierra a 0,76°C, concretamente en España a 1,5°C. [1] En la figura 1, podemos observar esta tendencia exponencial en las emisiones totales de dióxido de carbono a la atmósfera a lo largo de los últimos 250 años.

### Emisiones totales de CO<sub>2</sub> por año



Fuente: Global Carbon Project



Figura 1: Gráfico histórico de emisiones de dióxido de carbono [3]

Ante esta situación, en España se aprobó el 3 de noviembre de 2020 un plan de descarbonización para 2030 en el que se incluyen medidas como reducir un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero relativo a 1990, y finalmente un 90% para 2050, con el fin de lograr la neutralidad en materia de emisiones. [2] Al margen de los objetivos de España, también existen unos objetivos recogidos en el *Pacto Verde Europeo* que incluyen objetivos como puede ser el número 55 de la propuesta que habla de reducir en un 55% las emisiones para 2030. [4] Todo ello lleva a pensar que hay un plan nacional e internacional de transición energética que irá de la mano de energías renovables.

En respuesta a esta situación han surgido proyectos de ingeniería relativos a energías renovables, muchos de ellos respaldados por ayudas estatales con el fin de acelerar la transición energética. Una de estas propuestas que acarrearán el uso de generación renovable, el uso eficiente de la energía y el autoconsumo es las comunidades energéticas.

Con el fin de solucionar el problema que se está abordando, se distinguen dos estrategias que pasan por el uso de energías renovables. Por un lado, debe haber una transición a

renovables respecto a la generación de energía eléctrica, del que surgen problemas como el almacenamiento de la energía cuando no se dan las condiciones climatológicas para generación, o si las líneas de transmisión están preparadas para un incremento de la demanda en un futuro. Por otro lado, está la estrategia de emplear generación de energías renovables ya en demanda, es decir, generar en comunidades directamente mediante el uso de tecnologías renovables.

Respecto a la primera estrategia mencionada, debe haber una transición en la generación hacia energías renovables que deberá representar un 97%, en el caso de España, de la energía empleada en el consumo total para 2050. Es decir, España deberá incrementar su generación en renovables entre 145 y 201 GW, según un modelo de transición energética de la empresa Deloitte [5], siendo actualmente un 50% de la generación actual. La inversión total que se hará se estima que rondará entre los 330.000 y los 385.000 millones de euros. [5]

Una dificultad añadida a esta primera estrategia es la capacidad de almacenamiento de energía que tenemos, que en este contexto cobra más importancia que nunca ya que las renovables tienen la característica de que si no se dan las condiciones climatológicas idóneas, no puede haber generación de energía. Es por ello por lo que la capacidad de almacenamiento de energía debe incrementar para asegurar el suministro. Actualmente España tiene una capacidad de almacenamiento de 8,3 GW, y según un estudio del ministerio de transición energética estima que esta cifra se verá incrementada a 20 GW para 2030 y 30GW para 2050. [6]

En segundo lugar, la solución al problema base también pasa por llevar la generación renovable a la demanda, lo que reducirá pérdidas en la transmisión y fomentará el autoconsumo. Estas comunidades energéticas se definen como comunidades, ya sea de vecinos, en un barrio o en recintos industriales, que aprovechan la generación eléctrica o térmica con el fin de autoabastecerse y beneficiarse del ahorro ante el coste energético.

Respecto a lo que es y no es una comunidad energética existe una normativa europea y nacional que recoge los requisitos que debe tener la misma, y cabe a destacar que el uso de energías renovables es absolutamente imprescindible para ser categorizado con una. [7] Este

tipo de solución tiene muchos beneficios ya que ayuda a reducir la demanda general de energía en la red, reduce la energía que se pierde en transmisión, fomenta el autoabastecimiento y en el caso de que la generación supere a la demanda en estas comunidades, esta energía sobrante se puede volcar a la red. Sin embargo, no todo son beneficios, las comunidades energéticas afrontan una serie de desafíos importantes del ámbito económico, legislativo y administrativo, que impiden su plena evolución.

### ***1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO***

El proyecto consistirá en el estudio de la viabilidad de la creación de una comunidad energética en el edificio de Alberto Aguilera 25 (ICAI). Respecto al mismo planteamos los siguientes objetivos:

- Estudiar la viabilidad económica de la comunidad energética:

Es necesario estudiar en qué medida es viable económicamente un proyecto como este para una empresa, pues la inversión inicial es cuantiosa y conlleva un riesgo. Es por ello por lo que se establecerá el objetivo de analizar cuanto será el coste de una instalación, de que incentivos fiscales se podrá beneficiar la empresa y que facilidades se le podrán dar a un cliente para poder afrontar una inversión como esta.

- Estudiar la viabilidad técnica de las comunidades energéticas:

Se fijará el objetivo de analizar técnicamente el funcionamiento de las distintas tecnologías renovables, que generalmente se tratará de paneles solares. También se fijará el objetivo de hacer un estudio del terreno para saber cuánta energía generará la comunidad para así estimar que porcentaje de la demanda total se satisface.

- Estudiar la viabilidad legal de las comunidades energéticas:

Se plantea el objetivo de entender que trámites legales hay que sobrepasar para crear la comunidad energética, esta tarea no será fácil pues hay falta de un marco normativo definido.

- Estudiar la viabilidad administrativa de las comunidades energéticas:

Se tratará de analizar que barreras administrativas se tienen que afrontar para crear la comunidad energética y de entender de que otros sectores a parte del energético dependen este tipo de proyectos.

- Llegar a una conclusión sobre la creación de comunidades energéticas:

Se fijará el objetivo de llegar una conclusión clara, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente, respecto a la creación de comunidades energéticas.

#### ***1.4 ALINEACIÓN CON LOS ODS:***

Al tratarse de un proyecto que aglutina renovables, autoconsumo y fomento del empleo local, se cumplen con muchos de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la ONU en 2015 para los próximos 15 años.



Producido en colaboración con TROLLBACK + COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1 212 509 1010  
Para cualquier duda sobre la utilización, por favor contactar con: d@trollback.com

Figura 2. Listado de los ODS planteado por Naciones Unidas [8]

En primer lugar, el proyecto que se desarrolla está alineado con el objetivo 7 (Energía asequible y no contaminante) puesto que la generación de energía en comunidades energéticas es renovable y pretende ayudar al consumidor a ahorrar en la factura de la luz.

En segundo lugar, se cumple con el objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) ya que, al promover el uso de renovables en la demanda, en nuestro caso en ICAI, fomentamos la autosuficiencia e independencia de la red eléctrica.

Finalmente, el proyecto también se alinea con el objetivo 13 (Acción por el clima) puesto que, al generar mediante el uso de renovables, estamos contribuyendo a reducir la huella de carbono y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que contaminan el planeta.

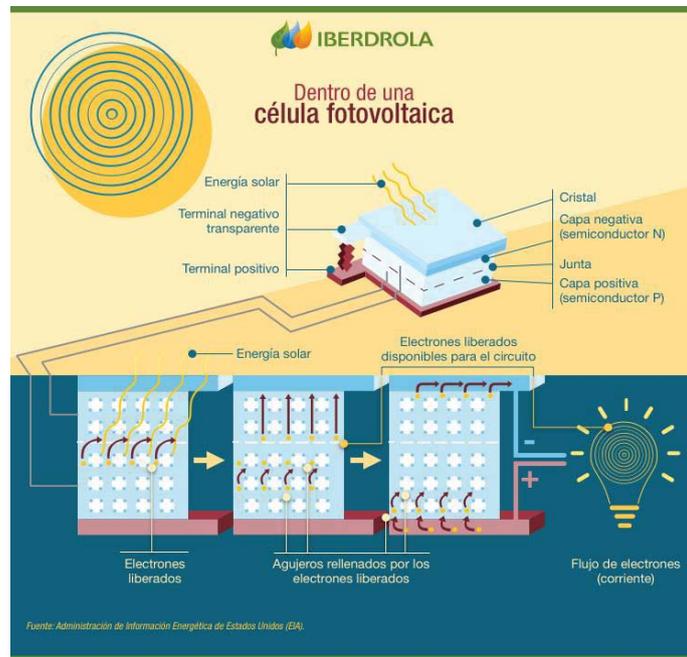
## Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Las comunidades energéticas tienen el objetivo de generar electricidad mediante tecnologías renovables es por ello por lo que cuando se habla de este tipo de comunidades, las tecnologías que se emplean son comúnmente la energía solar, eólica e hidráulica. [9] Dado el contexto del trabajo, comunidad energética en la azotea de un edificio, descartamos el uso de energía eólica e hidráulica, es por ello por lo que se profundizará en la energía solar.

### 2.1 *ENERGÍA SOLAR*

En el caso de la energía solar existen varios tipos como la fotovoltaica, térmica, pasiva e híbrida, pero dado que nuestro objetivo será abastecer con electricidad a una comunidad, optaremos por la energía fotovoltaica:

Energía solar fotovoltaica: Se transforma directamente la energía emitida por radiación solar en electricidad por medio de células fotovoltaicas. Estas células tienen la capacidad de ionizarse y liberar electrones cuando incide la radiación proveniente del sol consiguiendo crear una corriente eléctrica continua que a través de un inversor se pasa a alterna, la cual podemos utilizar. [10]



*Figura 3. Diagrama del funcionamiento de una célula fotovoltaica [12]*

Una vez entendido como funciona la energía fotovoltaica es necesario describir en detalle sus dos principales elementos que son el módulo fotovoltaico y el inversor. Más adelante, durante la fase de diseño, se deberá escoger adecuadamente el módulo y el inversor de tal forma que sean compatibles.

## **2.2 MODULO FV:**

El módulo fotovoltaico convierte la radiación proveniente de sol en corriente continua y se caracteriza por tener una potencia de funcionamiento máximo en CC, es decir, la potencia máxima que generaría en condiciones óptimas, y también por tener un valor de tensión de funcionamiento máximo y de circuito abierto. Dependiendo del número de módulos que tengamos y como se dispongan (cuantos módulos en serie haya y en cuantas cadenas), el inversor que se debe escoger es distinto.

### **2.3 INVERSOR:**

El inversor transforma la corriente continua en corriente alterna y se caracteriza por tener una potencia global del inversor, un voltaje máximo de entrada y un intervalo de tensión de funcionamiento. En función del módulo FV escogido se deberá encontrar un inversor que compatibilice según estos parámetros.

### **2.4 ELEGIR EL INVERSOR A PARTIR DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:**

Según el módulo escogido se deberá encontrar un inversor que tenga una potencia similar a la generada por todo el conjunto de módulos, y la tensión de funcionamiento del inversor deberá contener el intervalo de las tensiones que pueda tomar cada una de las cadenas según el número de módulos que haya en cada una.

Por ejemplo, supongamos que escojo 20 módulos de 500 vatios cada uno dispuestos en 4 cadenas de 5 módulos en serie (Figura 2). La tensión de funcionamiento máximo que, por ejemplo, se da a una temperatura de operación de 60°C es de 35 voltios, y la tensión de circuito abierto que se da a una temperatura de operación de -10°C es de 50 voltios. El total de las placas dará una potencia máxima de  $500 \text{ vatios} \times 20 \text{ módulos} = 10000 \text{ vatios}$ . Como el número de módulos en serie es 5 y cada módulo oscila en tensión entre 35V y 50V, el total de la cadena oscilará entre 175V (35V por 5) y 250V (50V por 5).

Dado el módulo FV anterior deberemos escoger un inversor con una potencia de 10kw cuyo voltaje de funcionamiento contenga el intervalo de 175V – 250V, es importante fijarse que nuestro inversor trabaje a 50 Hz ya que muchos de ellos no lo hacen.



*Figura 4. Diagrama de la disposición ejemplo de los módulos FV*

## **Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

### **3.1 DEFINICIÓN DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA**

Si el objetivo es configurar una comunidad energética es necesario definir rigurosamente que es y cuáles son sus características que la distinguen de otras configuraciones como el autoconsumo compartido.

Según el documento del Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico con referencia BOE-A-2023-452 publicado en Enero de 2023, una comunidad energética se define como: *“persona jurídica basada en la participación abierta y voluntaria, efectivamente controlada por socios o miembros que sean personas físicas, pymes o entidades locales, que desarrolle proyectos de energías renovables, eficiencia energética y/o movilidad sostenible que sean propiedad de dicha persona jurídica y cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde operan, en lugar de ganancias financieras.”*

[14]

Con esta definición entendemos que, si ICAI como entidad decide desarrollar un proyecto de placas solares con el fin de beneficiar a la sociedad y al medioambiente proporcionando energía limpia, el proyecto encajaría en la definición. Es importante destacar el papel de la libertad de los miembros de la comunidad por participar en dicho proyecto pues se considera un requisito indispensable según la definición.

Finalmente habría que establecer similitudes y diferencias entre una comunidad energética y un autoconsumo compartido. Ambas configuraciones son promovidas por entidades jurídicas, sus participantes lo hacen de forma libre y su objetivo no reside en lo económico si no en contribuir a la sostenibilidad medioambiental. Por otro lado, ambas se distinguen por su objetivo, las comunidades energéticas tratan de fomentar la inclusión por igual de todos los ciudadanos a las energías renovables tomándolo, así como un derecho del

ciudadano, y el autoconsumo compartido solo intenta fomentar el uso de energías renovables.

### ***3.2 BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS***

Hoy en día existen beneficios y limitaciones respecto a las comunidades energéticas. Los principales beneficios son:

- Gracias a ellas los ciudadanos son capaces de reducir su dependencia de las compañías energéticas generando su propia energía.
- Ayudan al empleo local ya que las instalaciones deben ser construidas y mantenidas.
- Contribuyen a la descarbonización del sistema eléctrico.
- Ayudan a descargar las líneas de transmisión al generar directamente en el consumo.

Sin embargo, las limitaciones son:

- No hay un marco legal establecido.
- No hay un marco administrativo establecido.

De estas limitaciones se hablará en el siguiente apartado.

### ***3.3 MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO DE LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS***

El problema asociado a las comunidades energéticas es que no hay un marco legal bien definido, es por ello por lo que entidades que estén interesadas en apostar por este tipo de propuestas, se encuentran desamparadas respecto a que características deben tener sus comunidades con el fin de adherirse al ordenamiento.

Se sabe que esto es así ya que en la publicación del BOE con referencia BOE-A-2022-17635 se recoge el siguiente estamento: “*El PRTR contempla las comunidades energéticas como*

*un actor clave. Este programa de ayudas se basa en la definición de comunidad de energías renovables contemplada en la letra j) del apartado 1 del artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, si bien se le confiere un carácter más amplio. Esto es así para dar cabida al concepto de comunidad ciudadana de energía, el cual no está recogido aún en el ordenamiento jurídico español y que se define en la Directiva UE 2019/944, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, con una naturaleza más amplia que las comunidades de energía renovables en aspectos tales como los requisitos para membresía o la propiedad de los activos.”[14]* Se puede leer de manera clara que actualmente el concepto de comunidad energética no está recogido en el ordenamiento jurídico español.

Sin embargo, las ayudas que otorgan a entidades jurídicas que fomentan el uso de energías renovables sí que aplican a los promotores de las comunidades energéticas, y es por ello por lo que utilizan estas ayudas para incentivar este tipo de medidas. Esta idea la recoge la misma publicación del BOE: *“En este contexto, se implementa el programa de incentivos objeto de las ayudas reguladas por esta orden, que van dirigidas a aquellas personas jurídicas, públicas o privadas, que fomenten la participación en el sector energético de actores no participantes en el mismo tradicionalmente y cuya finalidad sea el desarrollo de energía renovable eléctrica y térmica, eficiencia energética, infraestructura para movilidad sostenible y gestión de la demanda mediante comunidades energéticas. Por ello, el presente programa de ayudas va específicamente dirigido a este tipo de personas jurídicas con la finalidad de implementar tales actuaciones, incentivando la ejecución de proyectos para la puesta en marcha y funcionamiento de Oficinas de Transformación Comunitaria, mediante su nueva creación o la adecuación de otro tipo de oficinas públicas o privadas existentes, para la promoción y dinamización de las comunidades energéticas.” [14]*

Es por ello por lo que se entienden noticias como la de Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia que han activado un primer paquete de ayudas por valor de 100 millones de euros para apoyar las comunidades energéticas. [16]

Finalmente se ha de mencionar que existe una propuesta legislativa de real decreto publicada por el Ministerio de transición ecológica en el que se contempla “*que las comunidades energéticas puedan acceder al Régimen Económico de Energías Renovables y a las subastas periódicas con las que se otorga esta retribución regulada.*” Esto quiere decir que habrá un nuevo espacio para las comunidades energéticas dentro de la ley para que en proyectos sacados a subastan se pueda competir. [16]

## **Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO**

### **4.1 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Teniendo en cuenta el contexto de las comunidades energéticas en España las cuales su legislación esta escasamente definida y que hoy en día hay pocos proyectos dedicados a ellas, se decide indagar en la cuestión planteando un proyecto que se definirá posteriormente y con el objetivo de descubrir si las comunidades energéticas hoy en día son una buena opción y en qué casos lo podrían ser.

Por otro lado, se justifica este proyecto por el uso que se hace de las tecnologías renovables y que tan importante son en el contexto energético en el que vivimos. Con proyectos de este tipo avanzamos hacia la descarbonización de nuestra energía y la sostenibilidad de nuestras comunidades.

### **4.2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

Se define el proyecto como la creación de una comunidad energética en el tejado de Alberto Aguilera 25 (ICAI) mediante el uso de energía fotovoltaica que abastecerá a una comunidad energética.

En primer lugar, definimos el lugar donde estableceremos el proyecto que será en Alberto Aguilera 25, Madrid, España. Será importante por dos motivos principales, por un lado, el lugar determina la cantidad de radiación solar que incide en nuestras placas, y, por otro lado, será importante para establecer la inclinación de nuestros módulos fotovoltaicos.

Elegimos las instalaciones de ICAI ya que es un lugar de interés para la propia universidad y para sus estudiantes, por otro lado, el estudio que hagamos será en cierta forma aplicable a proyectos similares en la ciudad de Madrid ya que las condiciones climatológicas y sociales son similares.



*Figura 5. Imagen del tejado de Alberto Aguilera 25*

El objetivo será el de instalar una planta fotovoltaica diseñando los módulos FV, su distribución, sus características y el inversor para optimizar la potencia de salida que al final será el modo de abastecimiento de la comunidad. Todos estos elementos se escogerán teniendo en cuenta los criterios establecidos en el Capítulo 2.

La potencia de la planta se intentará que sea la máxima posible para poder suministrar al mayor número de viviendas posible. En función de la potencia total generada y del consumo medio por vivienda estimaremos el alcance final del proyecto.

### **4.3 FASES DEL PROYECTO**

Para conformar la comunidad energética se deben seguir unos pasos que terminarán reuniendo todos los requisitos que, según la definición aportada por el BOE, se necesitan y son los siguientes:

- 1) El primer paso que se debe dar es el establecimiento formal de la entidad jurídica que se disponga a emprender en un proyecto de energías renovables. Esta entidad debe tener miembros que controlen en todo momento el proyecto, *“pudiendo ser personas físicas, pymes, autoridades locales o municipios”*. [20]

- 2) A continuación, se deben fijar los miembros de la comunidad que se verán beneficiados de ella, los miembros deben participar abierta y voluntariamente en ella. Aquí donde se distingue una comunidad energética de otras configuraciones ya que se busca que las personas se puedan integrar en las nuevas tecnologías renovables de forma libre y equitativa.
- 3) Es entonces cuando se debe fijar la ubicación del proyecto, debe ser un lugar adecuado donde la incidencia solar sea alta y se encuentre en las proximidades de la comunidad.
- 4) Se debe fijar la potencia en función de la demanda y las limitaciones en el espacio disponible.
- 5) En función de las necesidades de la comunidad se decidirá si se utilizan baterías de almacenamiento de energía o no.
- 6) Se realiza un modelo del proyecto fijando costes y estimando un precio final.
- 7) Es necesario encontrar financiación por parte de la entidad pudiendo acceder a posibles subvenciones o incentivos fiscales.
- 8) Teniendo todos los detalles del proyecto se debe hacer un balance de rentabilidad y decidir si la comunidad es viable o no.
- 9) Una vez se tengan todos los permisos pertinentes y el proyecto esté listo, se podría empezar con la instalación.

## Capítulo 5. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

### 5.1 MODELO DE LA PLANTA FV

Tal y como se mencionó anteriormente se utilizará el software de PVsyst para modelar nuestra planta fotovoltaica y así ver cuanto genera, que al fin y al cabo es lo más determinante de cara a abastecer la comunidad energética.

El primer paso será fijar la localización de la planta que será la ya mencionada, el propio software cuenta con una amplia base de datos de satélites meteorológicos que ayudarán con el modelaje de la radiación solar incidente en las placas:

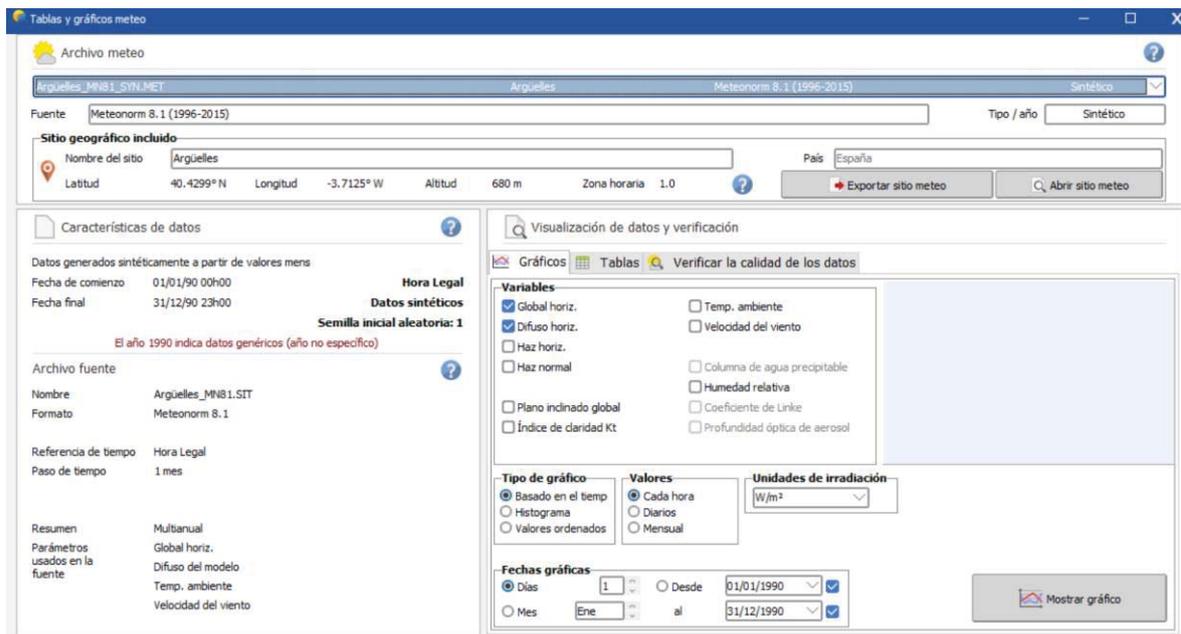


Figura 6. Imagen de la configuración geográfica en PVsyst

En segundo lugar, se establecerá la orientación de las placas, concretamente se elegirá la movilidad de los módulos que serán fijos ya que la instalación no es de gran magnitud y para facilitar los cálculos. Una vez determinado que son fijos se determina su inclinación que será exactamente de 36°. [15]

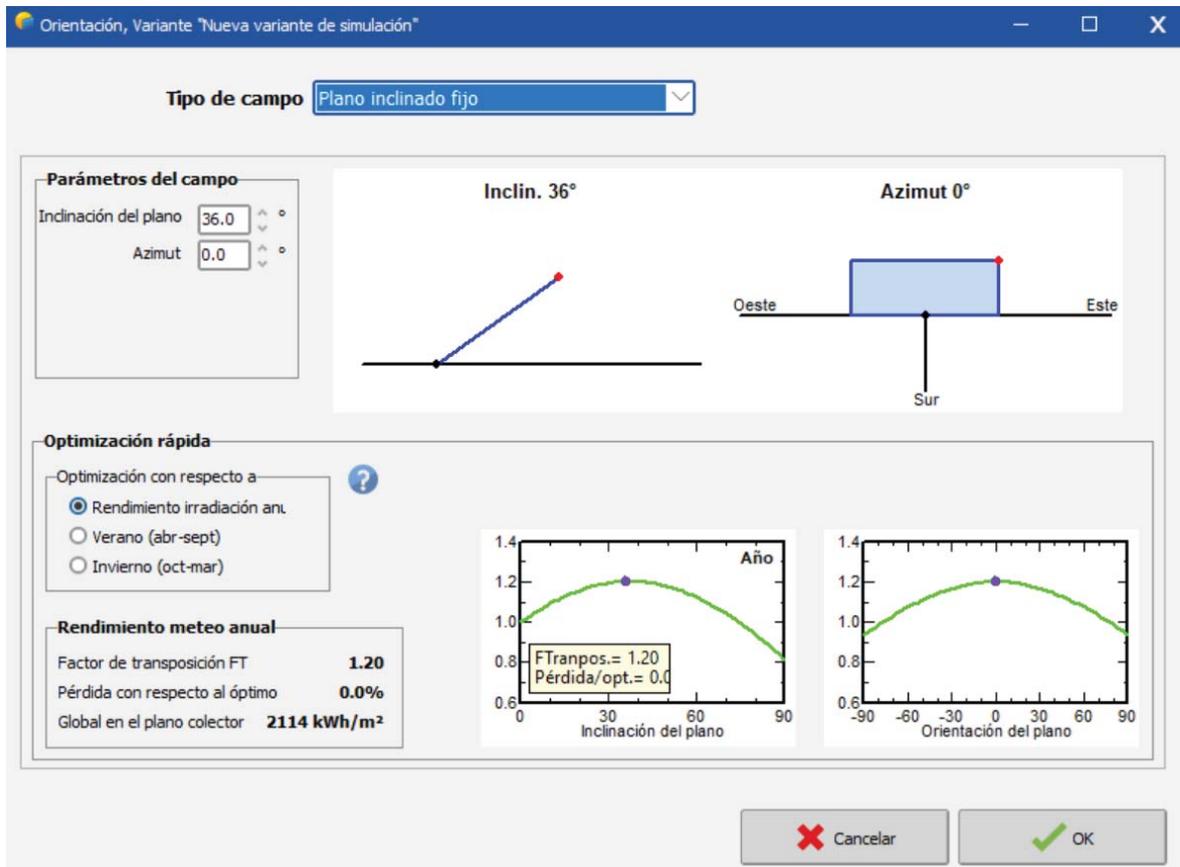
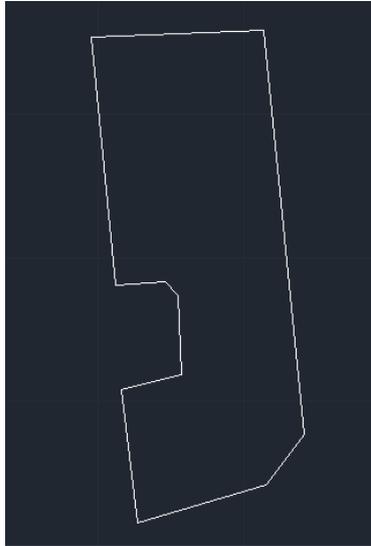


Figura 7. Imagen de la configuración orientativa de los módulos FV en PVsyst

En el propio PVsyst observamos que la inclinación de 36° es correcta ya que se pierde un 0% respecto al óptimo.

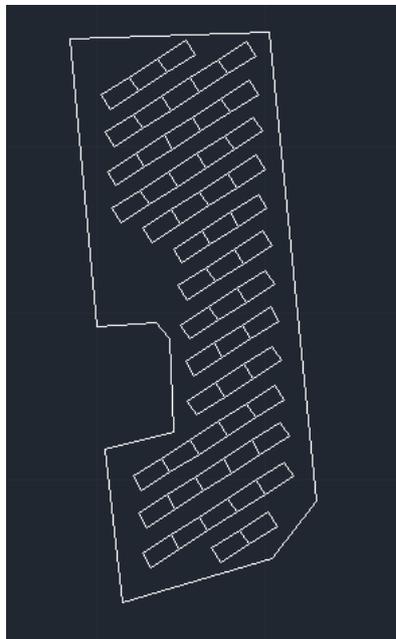
Es ahora cuando se establece el sistema que incluye el número de módulos en serie, el número de cadenas, el tipo de módulo y de inversor.

En primer lugar, esbozamos un diagrama del área del que disponemos para la instalación para determinar el número de módulos que podemos instalar. La figura 8 nos muestra el área del que se dispone que se trata de 354 m<sup>2</sup> con la siguiente geometría:



*Figura 8. Imagen del área disponible para la instalación de módulos FV*

Observando la configuración de paneles que tiene ICAI en su tejado determinamos que hay 50 módulos que quedan distribuidos de la siguiente forma:

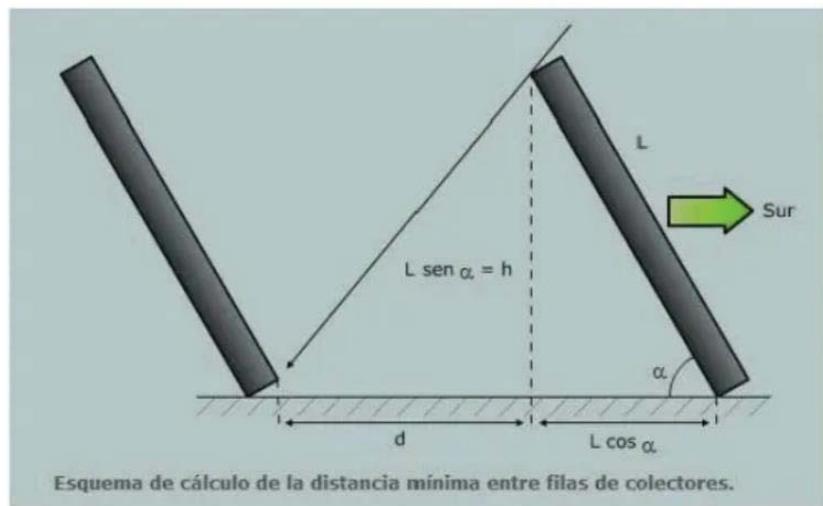


*Figura 9. Representación del espacio ocupado por los módulos actualmente*

Son módulos aproximadamente de 2 metros de largo y 1 de ancho. Estos son los que existen en ICAI actualmente.

Calculamos cuanto debe de haber de separación entre hileras:

Distancia (**d**) sobre la horizontal entre una fila de paneles FV y su altura **h**:



Método para cálculo de distancia

Figura 10. Representación de la distancia entre dos paneles FV [17]

Expresión a utilizar para el cálculo de la distancia **d**:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = k * h$$

Figura 11. Fórmula para calcular la distancia mínima entre dos placas [18]

$$\text{latitud} = 40,4165 \text{ segundos [19]}$$

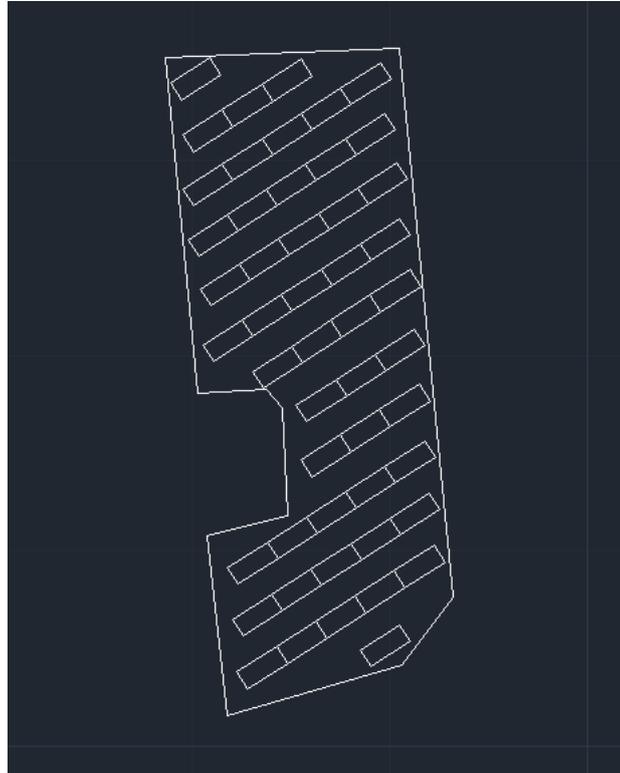
$$h = 1 * \text{sen } 36 = 0.6 \text{ metros}$$

36 grados será el ángulo de las placas que utilizaremos posteriormente.

Por lo tanto,  $d = 1,6$  metros para asegurar mínimo 4 horas de sol cuando la incidencia solar es mayor. Que es aproximadamente lo que podemos ver en la imagen del tejado de ICAI. Estos cálculos los usaremos posteriormente para los módulos FV que utilicemos.

Es el momento de establecer nuestro sistema, para ello primero debemos escoger entre toda la gama de módulos fotovoltaicos el adecuado. Nuestro objetivo será generar la máxima potencia posible ya que no disponemos de una comunidad energética definida y debido a la localización del proyecto se entiende que hay posibles participantes de sobra en las inmediaciones. Una vez establezcamos la potencia trataremos de estimar el número de participantes que pueda acoger la comunidad. También es importante resaltar que no tenemos los datos de consumo de ICAI por lo que haremos las estimaciones sin tener en cuenta el consumo de la universidad como podría ser en meses de verano cuando se encuentra cerrada.

Los módulos FV que nos ofrece PVSyst alcanzan hasta los 700W, por ello se escogerán los de 695W de la conocida marca Canadian Solar, una de las líderes del mercado. (La hoja de características está incluida en el apéndice) De la hoja de características obtenemos los valores de la tensión de funcionamiento máximo que es de 35,4V y la tensión de circuito abierto que es de 51,7V. El número de módulos FV que utilizaremos será de 50 ya que los paneles de Canadian Solar son de 2384 x 1303 x 33 mm, parecidos aproximadamente a los que hay en ICAI actualmente (se calculó que son de 2000 x 1250 mm), y ya que en ICAI hay 50 módulos también. El número de placas se adapta a el que existe actualmente para tratar de cumplir con todo tipo de normativas que no se contemplen en el trabajo y que el propio ICAI si haya tenido en cuenta. La nueva distribución de placas quedaría tal y como muestra la figura 12.



*Figura 12. Imagen de la distribución de placas*

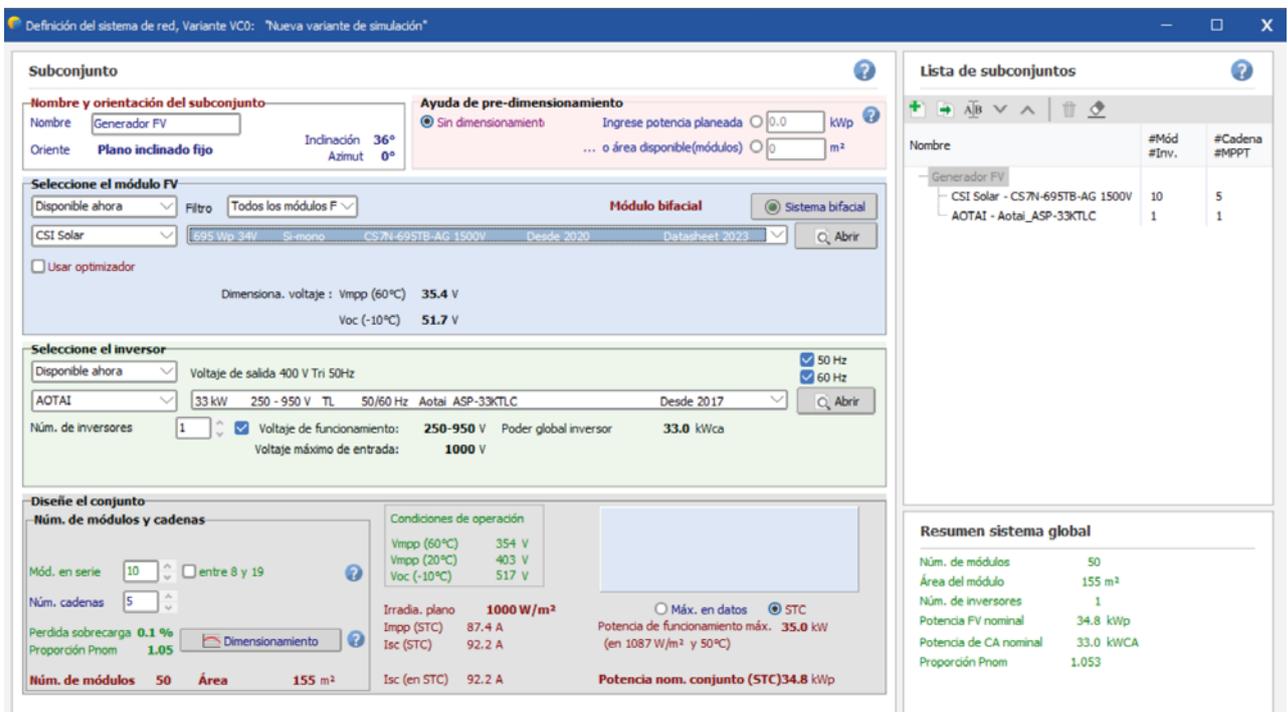
Un factor para tener en cuenta es la distancia entre placas que calculamos con la fórmula previamente formulada en este capítulo:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = \frac{1,302 * \text{sen } 36^\circ}{\tan(61 - 40,4165)} = 2,03 \text{ metros}$$

Parecido que la que ya existe en ICAI.

Tal y como se comentó en el Capítulo 2 es importante fijar el número de módulos en serie y de cadenas, esto determinará las condiciones de operación y por lo tanto permitirá usar ciertos inversores. El modo en el que se ha procedido ha sido en escoger un inversor parecido al de la potencia de funcionamiento (695W x 50 módulos FV = 34,75KW), en nuestro caso se escogió uno de la marca AOTAI (hoja de característica en el apéndice) de 33KW, no importa que se quede corto ya que normalmente no habrá 34,75KW y nos interesa que

funcione el mayor tiempo posible cerca de la nominal. Una vez escogido el inversor vemos en la hoja de características que el voltaje de funcionamiento se comprende entre 250V y 950V, por lo tanto, el número mínimo de módulos en serie será de 250V dividido entre 35,4V (tensión de funcionamiento máximo) que será de 8 módulos en serie. Por otro lado, el número máximo de módulos en serie será de 950V dividido entre 51,7V (tensión de cortocircuito) que serán 19 módulos en serie. Es por ello por lo que se coge un número de módulos en serie comprendido, en este caso de 10, por lo que si teníamos un total de 50 módulos habrá 5 cadenas.



**Subconjunto**

Nombre y orientación del subconjunto  
 Nombre: Generador FV  
 Oriente: Plano inclinado fijo  
 Inclinación: 36°  
 Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento  
 Sin dimensionamiento  
 Ingrese potencia planeada: 0,0 kWp  
 ... o área disponible(módulos): 0 m²

Selección del módulo FV  
 Disponible ahora: [dropdown]  
 Filtro: Todos los módulos F  
 Módulo bifacial: [radio] Sistema bifacial [radio]  
 CSI Solar [dropdown] [695 Wp 34W Si-monop CS7N-695TB-AG 1500V Desde 2020 Datasheet 2023] [Abrir]  
 Usar optimizador  
 Dimensiona. voltaje : Vmpp (60°C) 35.4 V  
 Voc (-10°C) 51.7 V

Selección del inversor  
 Disponible ahora: [dropdown]  
 Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz  
 AOTAI [dropdown] [33 kW 250 - 950 V TL 50/60 Hz Aotai ASP-33KTLC Desde 2017] [Abrir]  
 Núm. de inversores: 1  
 Voltaje de funcionamiento: 250-950 V Poder global inversor 33.0 kWca  
 Voltaje máximo de entrada: 1000 V

Diseño del conjunto  
 Núm. de módulos y cadenas  
 Mód. en serie: 10 [entre 8 y 19]  
 Núm. cadenas: 5  
 Pérdida sobrecarga 0.1 %  
 Proporción Prom 1.05  
 Núm. de módulos 50 Área 155 m²

Condiciones de operación  
 Vmpp (60°C) 35.4 V  
 Vmpp (20°C) 40.3 V  
 Voc (-10°C) 51.7 V  
 Irradia. plano 1000 W/m²  
 Imp (STC) 87.4 A  
 Isc (STC) 92.2 A  
 Isc (en STC) 92.2 A  
 Máx. en datos  STC  
 Potencia de funcionamiento máx. 35.0 kW  
 (en 1087 W/m² y 50°C)  
 Potencia nom. conjunto (STC) 34.8 kWp

Lista de subconjuntos

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Generador FV		
CSI Solar - CS7N-695TB-AG 1500V	10	5
AOTAI - Aotai ASP-33KTLC	1	1

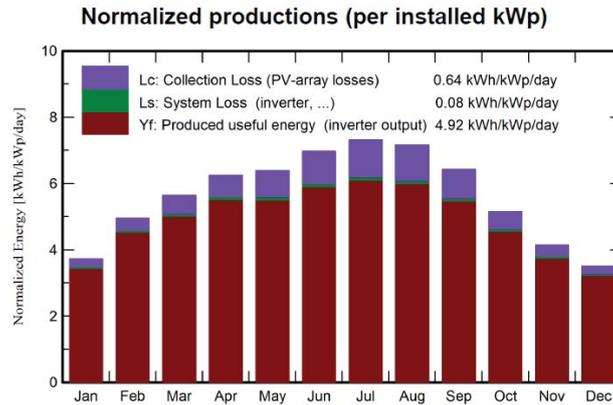
Resumen sistema global

Núm. de módulos	50
Área del módulo	155 m²
Núm. de inversores	1
Potencia FV nominal	34.8 kWp
Potencia de CA nominal	33.0 kWCA
Proporción Prom	1.053

Figura 13. Imagen de la configuración del sistema en PVsyst

Una vez configurado la simulación es momento de ejecutarla. De esta simulación se genera un pdf que irá adjunto en el apéndice que nos muestra, en primer lugar, las características de nuestra planta que ya han sido definidas y explicadas. En segundo lugar, se genera una gráfica y una tabla mostrando la producción mensual a lo largo del año donde podemos ver que los picos de generación se producen en los meses de verano y los valles en los meses de

invierno. La producción anual total es de 62463KWh cifra de la que se hablará más tarde en detalle.



*Figura 14. Gráfico de la producción anual de la planta fotovoltaica*

**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	66.3	28.61	6.16	115.6	114.1	3772	3712	0.924
February	90.2	32.17	7.47	138.4	136.7	4476	4409	0.916
March	138.1	46.39	11.07	174.7	171.4	5494	5411	0.891
April	171.6	63.99	13.59	187.4	183.1	5845	5756	0.884
May	206.8	66.16	18.55	197.9	192.6	6034	5937	0.863
June	229.9	64.02	24.20	209.0	203.5	6258	6160	0.848
July	242.2	57.07	27.59	226.8	221.2	6683	6579	0.835
August	212.8	52.58	27.01	222.2	217.2	6571	6472	0.838
September	158.0	48.81	22.03	192.6	188.7	5803	5715	0.854
October	112.3	41.80	16.56	159.8	157.3	4993	4918	0.885
November	73.7	26.83	9.85	124.3	122.7	3978	3915	0.906
December	58.1	21.37	6.79	108.7	107.4	3536	3480	0.921
Year	1759.9	549.80	15.96	2057.5	2015.7	63444	62463	0.874

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

*Figura 15. Tabla de la producción anual de la planta fotovoltaica*

En la tabla se muestran otros datos de la planta como la temperatura media de cada mes, los distintos tipos de incidencia de la radiación, el coeficiente de rendimiento por mes, la

potencia que sale del conjunto y la potencia que se inyecta a la red. En nuestro caso el coeficiente de rendimiento es un poco elevado (87,4%) ya que el modelo es ideal y no contemplan las pérdidas exhaustivamente si no que se han cogido los valores por defecto del programa para no complicar la simulación.

Por otro lado, el programa genera un diagrama de Sankey mostrando las pérdidas de forma visual:

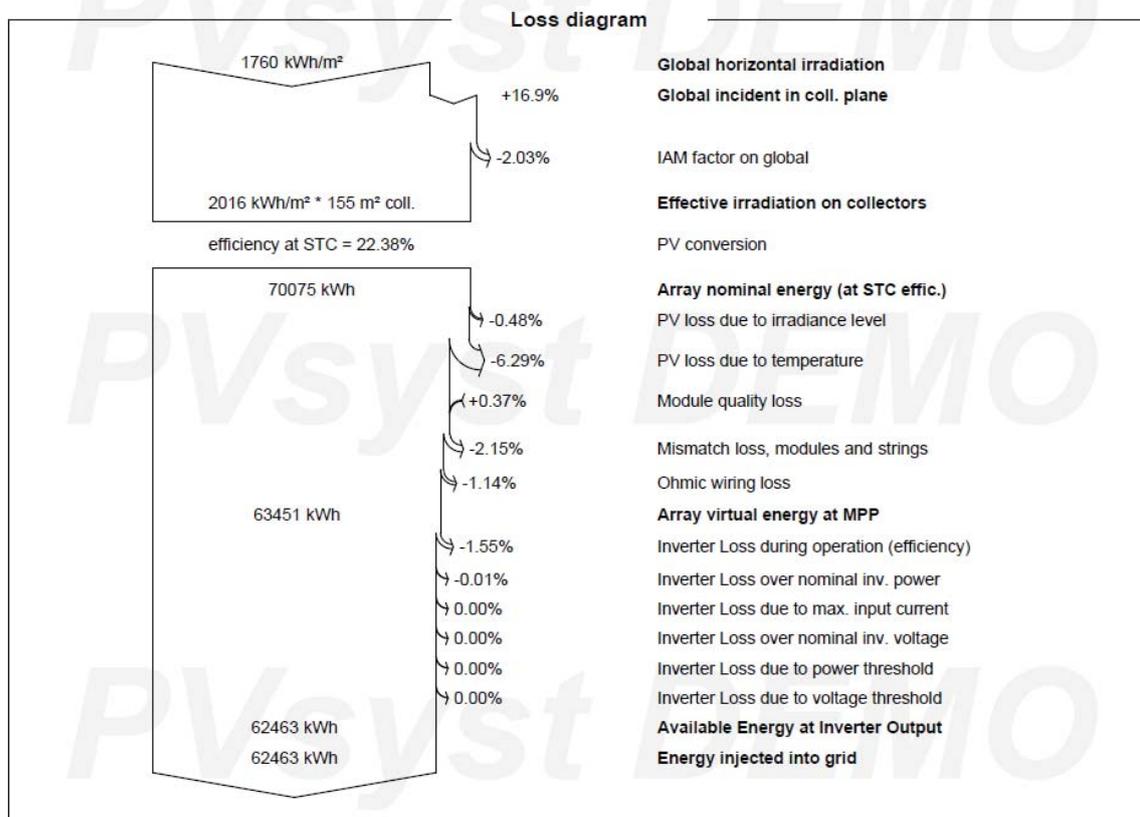


Figura 16. Diagrama de Sankey de la planta

También se muestra un diagrama unifilar de la planta:



Figura 17. Diagrama unifilar de la planta

Finalmente se muestra un gráfico de emisiones de dióxido de carbono que nos sirve de utilidad ya que una de las motivaciones del proyecto es el reducir la huella de carbono del sector eléctrico. Suponiendo una vida útil de 30 años, el sistema habrá ahorrado 413,3 toneladas de CO<sub>2</sub> al medioambiente lo que supone una gran noticia ya que es el equivalente a 405 vuelos Madrid – Chicago. [21]

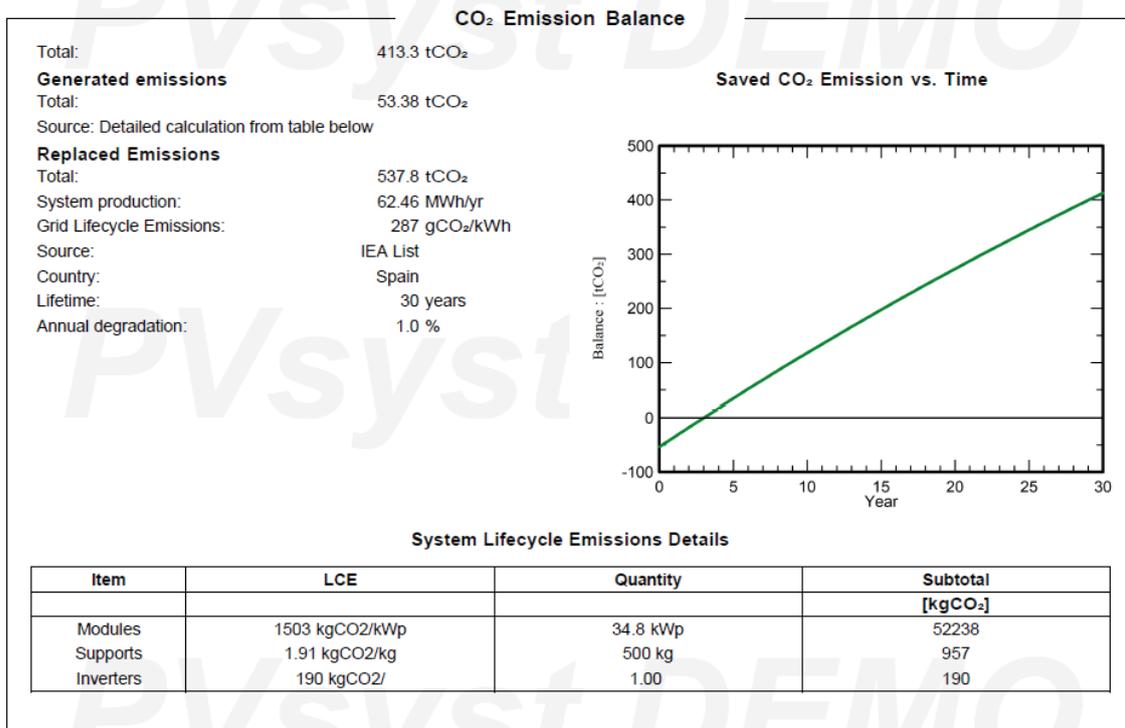


Figura 18. Esquema de ahorro de carbono de la planta fotovoltaica

## 5.2 *MODELO ECONÓMICO*

A continuación, se evaluarán los costes de la instalación mediante un monto sin contabilizar el IVA del 21% que se añadirá al coste final.

Tipo de coste	Coste (€)	Porcentaje sobre el total (%)
Estructura de soporte [32]	2500	9
Mano de obra [32]	6000	21,8
Cableado [32]	500	1,8
Módulos FV [26]	12750	46,3
Inversor [25]	3960	14,4
Contador bidireccional [24]	200	0,7
Cuadro de protecciones [23]	300	1,1
Licencia de obra (Madrid) [22]	0	0
Justificante de pago del ICIO [27]	1300	5
<b>Total</b>	<b>27510</b>	<b>100</b>

*Figura 19. Tabla de costes de la instalación fotovoltaica*

Coste Total base: 27510€

Coste Total + IVA (21%): 33287€

Esta es una estimación del coste total de la instalación, pero ni mucho menos es el precio real ya que es posible que haya costes adicionales que no se contemplan, aun así, no variará mucho respecto a los 34000€.

En cuanto a la financiación del proyecto hay diversas opciones:

- 1) Subvenciones: El Plan de Recuperación, Transición y Resiliencia (PRTR) va a liberar dos fases de subvenciones de 10 y 30 millones de euros para proyectos de energías renovables. (Se solicita a través del link: <https://sede.idae.gob.es/lang/modulo/?refbol=tramites-servicios&refsec=comunidades-energeticas&refsec=comunidades-energeticas&idarticulo=146972>) Como esta hay más subvenciones que podrían ayudar a la financiación del proyecto, sin embargo, un inconveniente es la falta de legislación respecto a las comunidades energéticas. [33]
- 2) Aportación de los beneficiados por la comunidad energética: Una fuente de financiación directa es la de los propios miembros de la comunidad que harían una inversión inicial sabiendo que a largo plazo se les verá reducida la factura de la luz y por lo tanto con la posibilidad de obtener beneficios.
- 3) Bancos: En el caso en el que no se disponga de la liquidez siempre está la opción de pedir un préstamo e ir pagando el proyecto periódicamente.
- 4) Venta de excedente a red: Como opción más remota se podría vender el excedente de energía a red ya que red eléctrica ofrece 10 céntimos por KWh. [34]

## Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISIS TÉCNICO

Si se analiza el capítulo 5.1 se puede ver que técnicamente el proyecto es viable, según el software utilizado los componentes de la planta funcionarían sin problemas entre sí dándole una vida útil de hasta 30 años. En primer lugar, la planta consta de 50 módulos fotovoltaicos conectados en 5 cadenas de 10 módulos en serie cada una, tratando así de minimizar el riesgo que puedan causar las sombras y adecuándose así a las especificaciones del inversor. Los módulos utilizados son los de 695W de la marca Canadian solar, estos módulos se colocarán a 36 grados orientación sur para maximizar la incidencia solar dada la localización del proyecto. El inversor utilizado es de la marca AOTAI de 33KW que transformará la corriente continua generada por los módulos en corriente continua a 50Hz que luego se inyectarán a red.

La energía total inyectada por la instalación al año será de 62463KWh lo cual ha sido el objetivo desde el inicio y es necesario analizar en detalle esta cifra. Por un lado, no disponemos de los datos de consumo de ICAI, pero sí que podemos hacer una estimación fijándonos en los consumos de otras universidades del corte técnico. Si nos fijamos en la Universidad Politécnica de Madrid observamos que consumen 15,66 millones [28] de KWh al año y si hacemos la ratio por estudiante (36000 estudiantes [29]) nos queda 435 KWh por estudiante al año. En el caso de ICAI, entre grado y máster somos 1906 alumnos (1359 + 547) [30], si suponemos que cada estudiante consume la misma proporción de energía aproximadamente, ICAI consumiría anualmente unos 829110 KWh. Esto supone que la generación de la planta fotovoltaica cubriría un 7,53% de la demanda de ICAI, en el caso de que consumiera toda la generación.

Si se analiza lo que supone la cifra de generación en términos de demanda en viviendas, se observa que, si el consumo de un hogar medio es de 270KWh al año, la planta fotovoltaica podría abastecer a 231 viviendas.

En este punto se debe tomar la decisión de cuanta energía absorberá ICAI y cuanto volcará en la comunidad, cual sea el caso está claro que la generación de energía de la planta es alta y que usualmente no habrá excedentes.

## **6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Según el desglose de costes realizado en el capítulo 5.2 la instalación completa rondaría los 34000€. Sobre el total predominan los costes de los módulos, de la mano de obra y del inversor que suponen entre los tres el 82,5%.

A modo de financiación hay tres principales opciones, aportación de los miembros de la comunidad, préstamo bancario y subvención estatal. Los beneficiados podrían aportar una cantidad proporcional a la energía que reciban para así paliar entre todos con el gasto inicial que en realidad es una inversión a largo plazo pues sus facturas energéticas se verán reducidas. Por otro lado, siempre se puede solicitar un préstamo con el fin de hacer frente al coste prolongadamente. Finalmente, se puede acceder a las subvenciones del PRTR presentando un proyecto de comunidad energética que cumpla con los artículos 2.1 y 7 de la Orden TED/1446/2021, de 22 de diciembre. [35] La propuesta se evalúa sobre 100 y en función de su clasificación obtendrá o no la ayuda. La inversión máxima por proyecto es de 1000000€ por lo que no habría problemas por límites. Los parámetros de evaluación son los siguientes:

Criterio de valoración	Puntuación máxima	Acreditación
<i>A. Características del proyecto: 40 puntos</i>		
1. Los socios o miembros son exclusivamente personas físicas, pymes o entidades locales	10	Presentación de las correspondientes declaraciones responsables que se pondrán a disposición de los interesados en la página web del IDAE en la sección de comunidades energéticas
2. Socios o miembros situados en las proximidades del proyecto	10	Cumple definición Art. 2. Bases reguladoras
3. Proyectos multi-componente e innovadores	20	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.iii)
<i>B. Viabilidad económica: 25 puntos</i>		
1. Reducción sobre la ayuda máxima	15	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.iv)
2. Plan de negocio y cadena de valor	10	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.v)
<i>C. Externalidades: 35 puntos</i>		
1. Impacto social y de género	20	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.vi)
2. Dinamización social	5	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.vii)
3. Adecuación prioridades autonómica y/o locales	10	Descripción en Plan de Trabajo (según indicado en Anexo IV.I.viii)
TOTAL	100	

*Figura 20. Tabla de criterios para obtener la ayuda del PRTR*

### **6.3 ANÁLISIS LEGAL / ADMINISTRATIVO**

Haciéndose referencia al capítulo 3.3 del trabajo se puede afirmar que el mismo BOE estipula en el BOE-A-2022-17635 que las comunidades energéticas no tienen una legislación bien definida y cuando se habla de ella se apela siempre a la definición establecida en el artículo 2.1 de la Orden TED/1446/2021, de 22 de diciembre. Esto se ve reflejado en materia de subvenciones, el PRTR pone como requisito indispensable cumplir con esta definición tal y como se apuntaba en el capítulo 6.2.

Sin embargo, se ha de ser optimistas ya que en esa misma orden del BOE se contempla como pendiente el fijar una legislación firme y el activar programas de subvenciones para incentivar este tipo de proyectos renovables que ya no solo ayudan al medioambiente, sino que también a las personas.

## Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 7.1 CONCLUSIÓN

Se tratará de concluir dando una visión general del proyecto analizando los puntos fuertes y las limitaciones de este según los tres distintos bloques que se han definido previamente.

En primer lugar, desde el punto de vista técnico el proyecto es realizable, se han encontrado una serie de elementos que son compatibles entre sí y que funcionan correctamente según el software PVsyst, y que dan como resultado una potencia de salida suficiente como para abastecer la comunidad energética que en un principio se había planteado. Sin embargo, en lo que respecta a lo que cubre sobre la demanda de la propia universidad, se quedaría corto, es por ello por lo que habría que plantear una distribución entre las viviendas que sean miembros de la comunidad y el propio ICAI.

En lo que respecta al punto de vista económico el proyecto sería viable, ya que el coste no es muy elevado y hay diversos métodos de financiación. Es cierto que en el propio trabajo no se especifica una cantidad exacta de subvención ni un método de reparto de los costes, esto se debe a que actualmente no se saben cuántos miembros tendría la comunidad, aunque sí que se dan unos márgenes.

Finalmente, desde el punto de vista legal es donde el proyecto se encuentra con mayores dificultades. Tal y como se ha podido analizar en la propia documentación referente a las comunidades energéticas en el BOE, el marco legal no está aún definido. Sin embargo, en estos mismos documentos se explica que es una tarea pendiente e insisten en que se pondrán en marcha sistemas de subvenciones para incentivar dichos proyectos.

En conclusión, realizar una comunidad energética hoy en día es algo arriesgado ya que no hay un marco legal bien definido, sin embargo, parece una idea muy interesante de cara a

las futuras décadas ya que está clara la dirección que están tomando ya no solo el gobierno español, si no la propia unión europea. En cuanto a los aspectos técnicos y económicos, los proyectos de este tipo son absolutamente viables, y si en el futuro se activan las ayudas que parecen que habrá, lo serán más aún.

## **7.2 TRABAJOS FUTUROS**

Respecto a trabajos futuros se podría indagar más en diversas áreas del proyecto. En el plano técnico se podría hacer un estudio exhaustivo en el terreno de las pérdidas en los módulos fotovoltaicos debido a condiciones meteorológicas o incluso un estudio de sombras según los posibles obstáculos que se interpongan entre los módulos y la radiación solar. También se podría estudiar más a fondo las conexiones que se deben hacer entre las placas, el inversor, etc.

Respecto al plano económico se podría profundizar más en los costes pidiendo presupuestos reales a empresas y comparándolos para llegar a una cifra más exacta. Por otro lado, si conociéramos bien la constitución de los miembros de la comunidad se podría ver en detalle cómo se costearía el proyecto y tratar de ver que posibles cantidades se podrían recibir a través de subvenciones.

A nivel legal se podría no se puede hacer mucho más ya que lo que hay referente a comunidades energéticas en la legislación española es mínimo. Se podrían analizar documentos referentes al tema de otros países más avanzados en esta área o de la misma Unión Europea.

## Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] De Aragón, G. (2023, 31 marzo). El cambio climático. Portal de Aragon. Retirado de <https://www.aragon.es/-/el-cambio-climatico#:~:text=En%20los%20%C3%BAltimos%20100%20a%C3%B1os,sido%20de%201%2C5%20%C2%BAC>.
- [2] El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050. (s. f.). Retirado de <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-gobierno-aprueba-la-estrategia-de-descarbonizaci%C3%B3n-a-largo-plazo-que-marca-la-senda-para-alcanzar-la-neutralidad-clim%C3%A1tica-a-2050/tcm:30-516141>
- [3] BBC News Mundo. (2021, 6 noviembre). Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO2 ocurrieron en los últimos 30 años. BBC News Mundo. Retirado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59013521>
- [4] Pacto verde europeo. (2023, 27 abril). Consejo Europeo. Retirado de <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> [4]
- [5] Un modelo energético sostenible para España en 2050. (2016). Retirado de En chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.congreso.es/docu/document/ddocum/dosieres/sleg/legislatura\_12/spl\_28/pdfs/37.pdf.
- [6] ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO. (2021). Retirado de En chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategiaalmacenamiento\_tcm30-522655.pdf (N.o 978-84-18508-43-1). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).
- [7] COMUNIDADES ENERGÉTICAS. (s. f.). idae.es. Retirado de <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

- [8] Gamez, M. J. (2022, 24 mayo). Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. Retirado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [9] Bilnea. (2023). Comunidades Energéticas: Qué son, Ventajas y cómo crear una comunidad energética local. Retirado de <https://www.miwenergia.com/comunidades-energeticas-locales/#:~:text=Producci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20renovable%3A%20La,energ%C3%ADa%20fotovoltaica%2C%20e%C3%B3lica%20o%20hidr%C3%A1ulica.>
- [10] (2023). Retirado de [https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-solar/index.cshhtml#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20\(sistema%20fotovoltaico\).](https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-solar/index.cshhtml#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20(sistema%20fotovoltaico).)
- [11] Corporativa, I. (n.d.). Retirado de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica#:~:text=Se%20basa%20en%20el%20llamado,electrones%2C%20generando%20una%20corriente%20el%C3%A9ctrica.>
- [12] Iberdrola. (2021). Retirado de <https://www.iberdrola.com/innovacion/celulas-fotovoltaicas-fotoelectrica>
- [13] RemicaServiciosEnergeticos. (2019). Retirado de <https://www.remica.es/esquema-instalacion-solar-termica/>
- [14] BOE-A-2023-452 Orden TED/1359/2022, de 28 de diciembre, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de ayudas para proyectos de nuevos modelos de negocio en la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (2023). Retirado de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-452)
- [15] ¿Cuál es la orientación e inclinación óptima de los paneles solares? (2023). Retirado <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/inclinacion-y-orientacion>
- [16] Conoce las Comunidades Energéticas. (2023). Retirado de <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-que-son-comunidades-energeticas-pertenerha-prtr>

- [17] Sebastian, E. (2022). Distancia entre paneles solares. Retirado de <https://eliseosebastian.com/distancia-entre-paneles-fotovoltaicos/>
- [18] Distancia entre filas de paneles solares. Cómo evitar el sombreado | Tecnosol tienda online de Energía Solar. (2016). Retirado de <https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/>
- [19] Coordenadas de Madrid (España) con latitud y longitud. (2023). Retirado de <https://www.antipodas.net/coordenadaspais/espana/madrid.php>
- [20] BOE-A-2013-13645 Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (2023). Retirado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>
- [21] Pérez, A. (2019). Cuánto contamina viajar en avión y qué efectos tiene en el medio ambiente. Retirado de [https://www.niusdiario.es/sociedad/medio-ambiente/cuanto-contamina-volar-avion-efectos-medio-ambiente\\_18\\_2854170231.html#google\\_vignette](https://www.niusdiario.es/sociedad/medio-ambiente/cuanto-contamina-volar-avion-efectos-medio-ambiente_18_2854170231.html#google_vignette)
- [22] La licencia de obras ya no es necesaria en Madrid cuando se instalan placas solares | Solarprofit.es. (2023). Retirado de <https://solarprofit.es/es/blog/licencia-de-obras-placas-solares-madrid/>
- [23] Cuadro de protección para instalaciones fotovoltaicas ECO-DC Toscano| ADAJUSA | precio. (2023). Retirado de <https://adajusa.es/es/cuadros-de-mando-y-proteccion-ya-cableados/16754-cuadro-de-proteccion-eco-dc-3-strings-1-mppt-1-seccionador-toscano-8445340167549.html>
- [24] Contador bidireccional: ¿Cómo funciona en las instalaciones solares? (2022). Retirado de <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/contador-bidireccional>
- [25] <https://es.ensolar.com/pv/inverter-datasheet/9577>
- [26] <https://efectosolar.es/tienda/paneles-solares/novedad-canadian-solar-655w-hiku7-2/>
- [27] ¿Cómo montar placas solares? 3 pasos para su instalación. (2023). Retirado de <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion>
- [28] EPS02 El consumo energético y de agua de la UPM a un solo clic – Sostenibles. (2023). Retirado de <https://sostenibilidad.upm.es/eps02-el-consumo-energetico-y-de-agua-de-la-upm-a-un-solo-clic/>
- [29] Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gabinete%20del%20Rector/UPM%20en%20Cifras/Brochureabril2023ES.pdf

- [30] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.comillas.edu/Documentos/Comillas\_Cifras.pdf
- [31] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135578/ahorro%20energ%C3%A9tico%20UCM.pdf
- [32] ¿Cuánto cuesta una instalación fotovoltaica?. (2023). Retirado de <https://www.habitissimo.es/presupuestos/instalar-energia-solar-fotovoltaica-electricidad#:~:text=Mano%20de%20obra%3A%20la%20tarifa,lo%20realice%20siempre%20personal%20especializado.>
- [33] Programa de Incentivos a proyectos piloto singulares de comunidades energéticas (CE IMPLEMENTA) | Idae. (2023). Retirado de <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/programa-de-incentivos-proyectos-piloto-singulares-de>
- [34] Fijo, T., Simply, S., Solar, T., Solar, A., Solar, P., & Luz, T. (2023). Tarifas de compensación de excedentes para placas solares. Retirado de <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas>
- [35] Tercera convocatoria del programa de incentivos a proyectos piloto singulares de comunidades energéticas (Programa CE IMPLEMENTA), en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia . (2023). Retirado de <https://sede.idae.gob.es/lang/modulo/?refbol=tramites-servicios&refsec=comunidades-energeticas&refsec=comunidades-energeticas&idarticulo=146972>

## **ANEXOS I, II, III**



FRONT

BACK

# TOPBiHiKu7

N-type Bifacial TOPCon Technology

675 W ~ 695 W

CS7N-675 | 680 | 685 | 690 | 695TB-AG

## MORE POWER



Module power up to 695 W  
Module efficiency up to 22.4 %



Up to 85% Power Bifaciality,  
more power from the back side



Excellent anti-LeTID & anti-PID performance.  
Low power degradation, high energy yield



Lower temperature coefficient (Pmax): -0.30%/°C,  
increases energy yield in hot climate



Lower LCOE & system cost

## MORE RELIABLE



Minimizes micro-crack impacts



Heavy snow load up to 5400 Pa,  
wind load up to 2400 Pa\*



**Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship\***



**Linear Power Performance Warranty\***

**1<sup>st</sup> year power degradation no more than 1%  
Subsequent annual power degradation no more than 0.4%**

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

## MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety  
IEC62941: 2019 / Photovoltaic module manufacturing quality system

## PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA  
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68  
Take-e-way



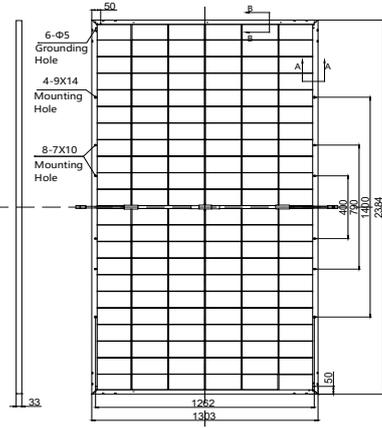
\* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

**CSI Solar Co., Ltd.** is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 82 GW of premium-quality solar modules across the world.

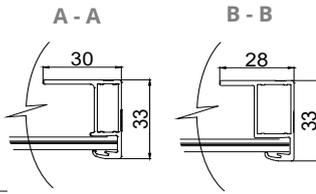
\* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

## ENGINEERING DRAWING (mm)

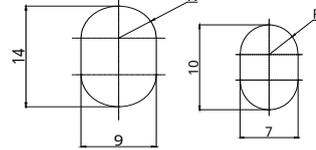
### Rear View



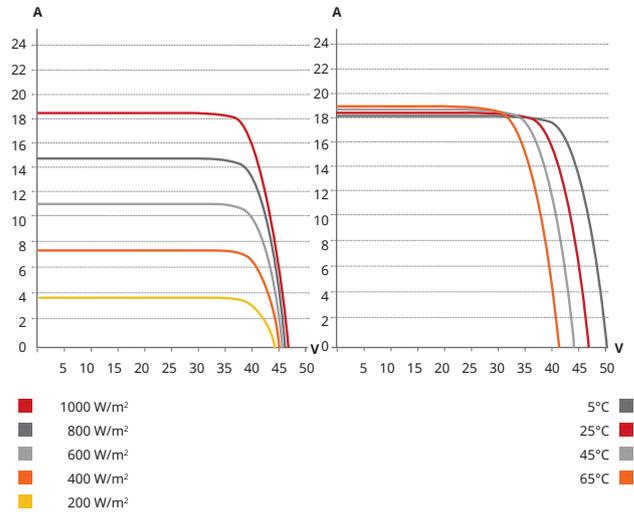
### Frame Cross Section



### Mounting Hole



## CS7N-680TB-AG / I-V CURVES



## ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
<b>CS7N-675TB-AG</b>	675 W	39.0 V	17.31 A	46.9 V	18.24 A	21.7%
<b>Bifacial Gain**</b>	5%	709 W	39.0 V	18.19 A	46.9 V	22.8%
	10%	743 W	39.0 V	19.04 A	46.9 V	23.9%
	20%	810 W	39.0 V	20.77 A	46.9 V	26.1%
<b>CS7N-680TB-AG</b>	680 W	39.2 V	17.35 A	47.1 V	18.29 A	21.9%
<b>Bifacial Gain**</b>	5%	714 W	39.2 V	18.22 A	47.1 V	23.0%
	10%	748 W	39.2 V	19.09 A	47.1 V	24.1%
	20%	816 W	39.2 V	20.82 A	47.1 V	26.3%
<b>CS7N-685TB-AG</b>	685 W	39.4 V	17.39 A	47.3 V	18.34 A	22.1%
<b>Bifacial Gain**</b>	5%	719 W	39.4 V	18.26 A	47.3 V	23.1%
	10%	754 W	39.4 V	19.14 A	47.3 V	24.3%
	20%	822 W	39.4 V	20.87 A	47.3 V	26.5%
<b>CS7N-690TB-AG</b>	690 W	39.6 V	17.43 A	47.5 V	18.39 A	22.2%
<b>Bifacial Gain**</b>	5%	725 W	39.6 V	18.31 A	47.5 V	23.3%
	10%	759 W	39.6 V	19.17 A	47.5 V	24.4%
	20%	828 W	39.6 V	20.92 A	47.5 V	26.7%
<b>CS7N-695TB-AG</b>	695 W	39.8 V	17.47 A	47.7 V	18.44 A	22.4%
<b>Bifacial Gain**</b>	5%	730 W	39.8 V	18.34 A	47.7 V	23.5%
	10%	765 W	39.8 V	20.18 A	47.7 V	24.6%
	20%	834 W	39.8 V	20.96 A	47.7 V	26.8%

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

\*\* Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

## ELECTRICAL DATA

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)
Module Fire Performance	TYPE 29 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating	35 A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 10 W
Power Bifaciality*	80 %

\* Power Bifaciality =  $P_{max_{rear}} / P_{max_{front}}$ , both  $P_{max_{rear}}$  and  $P_{max_{front}}$  are tested under STC, Bifaciality Tolerance: ± 5 %

## ELECTRICAL DATA | NMOT\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)
<b>CS7N-675TB-AG</b>	510 W	36.8 V	13.84 A	44.4 V	14.71 A
<b>CS7N-680TB-AG</b>	513 W	37.0 V	13.88 A	44.6 V	14.75 A
<b>CS7N-685TB-AG</b>	517 W	37.2 V	13.91 A	44.8 V	14.79 A
<b>CS7N-690TB-AG</b>	521 W	37.4 V	13.94 A	45.0 V	14.83 A
<b>CS7N-695TB-AG</b>	525 W	37.6 V	13.97 A	45.2 V	14.87 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	TOPCon cells
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in)
Weight	37.8 kg (83.3 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 250 mm (9.8 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
Per Pallet	33 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces or 495 pieces (only for US & Canada)

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.30 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.25 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

## PARTNER SECTION

\* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

## CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

# ASP-22/25/30/40KTLC



## Features



### Flexible design

Multi-communication interface: RS485, CANbus  
DC breaker, easy to maintain and safe to use



### Efficient conversion

Transformerless, max. efficiency is up to 98.7%;  
Euro. efficiency is up to 98%  
Total current THD <2%  
Three-level SVPWM control technology, increase DC voltage utilization



### Grid friendly

LVRT function  
Adjustable reactive power factor from 0.8 leading to 0.8 lagging  
Integrated combining function, DC lightning protection function, reduce user system cost  
Active and passive anti-islanding protection

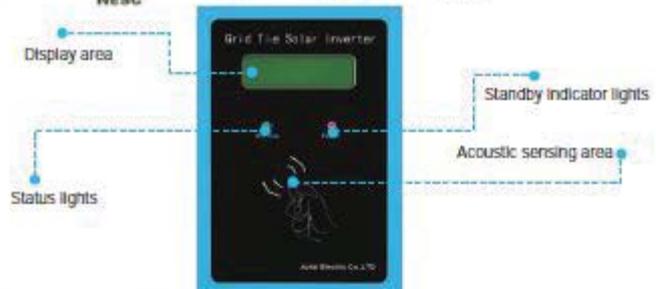
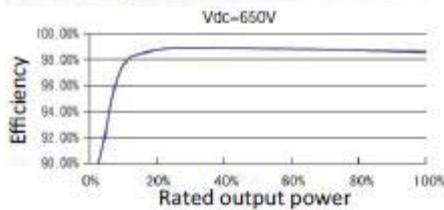


### Excellent qualities

CQC Gold Sun Certification, TUV Certification, SAA Certification, CE Certification



## Efficiency Curve



## Technical Data

Input	22KTLC	25KTLC	30KTLC	40KTLC
Max. DC input power	24200W	27500W	33000W	44000W
Max. DC input voltage			1000V	
Max. DC input current			2x33A	
MPPT voltage range		280-950V		
Recommended MPP operating voltage		650V		
No. of MPPT			2	
Max. no. of strings per MPPT			5	
<b>Output</b>				
Rated output power	22000W	25000W	30000W	40000W
Max. output power	24.2KVA	27.5KVA	33KVA	44KVA
Max. output current	35A	40A	48A	48A
Rated grid voltage	400V	400V	400V	480V
Grid voltage range	310-480Vac	310-480Vac	310-480Vac	422-528Vac
Rated grid frequency			50Hz/60Hz	
Grid frequency range			47-51.5Hz/57-61.5Hz	
THD			< 2% (Under the rated power)	
Power factor			0.8 leading - 0.8 lagging	
DC current injection			< 0.5% (Under the rated power)	

System data	22KTLC	25KTLC	30KTLC	40KTLC
Max. efficiency				98.7%
Euro. efficiency				98%
Humidity range			0-95% non-condensing	
Cooling type			Intelligent air cooling	
Temperature range			-25--+60℃	
Power consumption at night				< 1W
Max. working altitude		4000m(Operation with derating above 2000m)		
Display			Two line LCD/Two LEDs/ One voice operated switch	
Communication interface			RS485/CAN bus/WiFi(optional)	
<b>Mechanical data</b>				
Dimensions (WxHxD)			620x970x260mm	
Weight		65Kg		72Kg
Protection class				IP65
<b>Standard</b>				
Grid-connected standard			NB/T32004-2013; GB/T19964-2012	
Safety standard			NB/T32004-2013; IEC 62109-1/2	
Electromagnetic compatibility				IEC 61000-6-2/4

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: TFG-MiguelGalan

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 34.8 kWp

Argüelles - España



**PVsyst V7.4.1**

VCO, Simulation date:  
 22/07/23 17:45  
 with v7.4.0

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Argüelles España	<b>Situation</b> Latitude 40.43 °N Longitude -3.71 °W Altitude 680 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Argüelles Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Sintético		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 36 / 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>	<b>Inverters</b>	
Nb. of modules 50 units	Nb. of units 1 unit	
Pnom total 34.8 kWp	Pnom total 33.0 kWac	
	Pnom ratio 1.053	

**Results summary**

Produced Energy 62463 kWh/year	Specific production 1797 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 87.36 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7
CO <sub>2</sub> Emission Balance	8



**PVsyst V7.4.1**

VC0, Simulation date:  
 22/07/23 17:45  
 with v7.4.0

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	36 / 0 °		
		<b>Models used</b>	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	
Free Horizon		No Shadings	
		<b>User's needs</b>	
		Unlimited load (grid)	

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	AOTAI
Model	CS7N-695TB-AG 1500V	Model	Aotai_ASP-33KTLC
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	695 Wp	Unit Nom. Power	33.0 kWac
Number of PV modules	50 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	34.8 kWp	Total power	33.0 kWac
Modules	5 Strings x 10 In series	Operating voltage	250-950 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.05
Pmpp	32.2 kWp		
U mpp	366 V		
I mpp	88 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	35 kWp	Total power	33 kWac
Total	50 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	155 m²	Pnom ratio	1.05

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	68 mΩ	Loss Fraction	-0.4 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.2 %					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



**PVsyst V7.4.1**

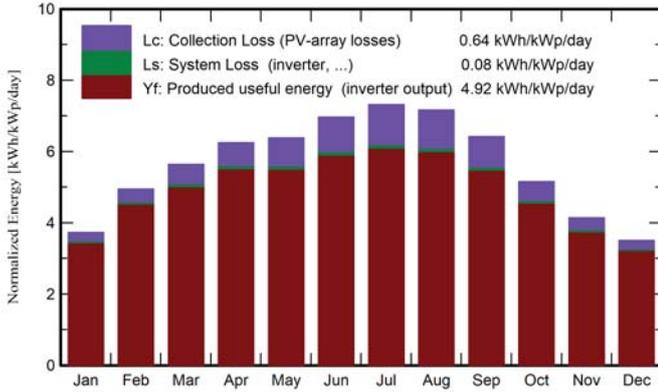
VC0, Simulation date:  
 22/07/23 17:45  
 with v7.4.0

**Main results**

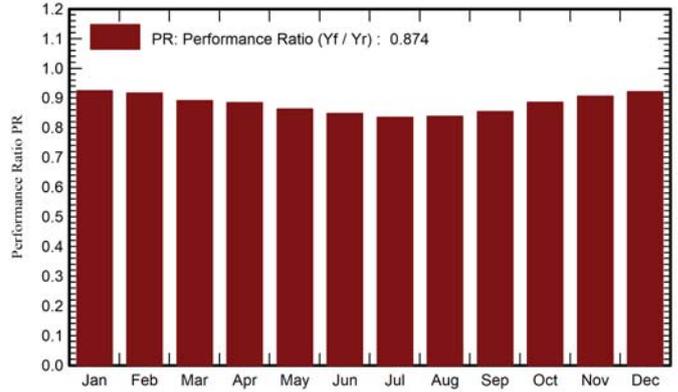
**System Production**

Produced Energy **62463 kWh/year**      Specific production **1797 kWh/kWp/year**  
 Perf. Ratio PR **87.36 %**

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> kWh	<b>E_Grid</b> kWh	<b>PR</b> ratio
<b>January</b>	66.3	28.61	6.16	115.6	114.1	3772	3712	0.924
<b>February</b>	90.2	32.17	7.47	138.4	136.7	4476	4409	0.916
<b>March</b>	138.1	46.39	11.07	174.7	171.4	5494	5411	0.891
<b>April</b>	171.6	63.99	13.59	187.4	183.1	5845	5756	0.884
<b>May</b>	206.8	66.16	18.55	197.9	192.6	6034	5937	0.863
<b>June</b>	229.9	64.02	24.20	209.0	203.5	6258	6160	0.848
<b>July</b>	242.2	57.07	27.59	226.8	221.2	6683	6579	0.835
<b>August</b>	212.8	52.58	27.01	222.2	217.2	6571	6472	0.838
<b>September</b>	158.0	48.81	22.03	192.6	188.7	5803	5715	0.854
<b>October</b>	112.3	41.80	16.56	159.8	157.3	4993	4918	0.885
<b>November</b>	73.7	26.83	9.85	124.3	122.7	3978	3915	0.906
<b>December</b>	58.1	21.37	6.79	108.7	107.4	3536	3480	0.921
<b>Year</b>	<b>1759.9</b>	<b>549.80</b>	<b>15.96</b>	<b>2057.5</b>	<b>2015.7</b>	<b>63444</b>	<b>62463</b>	<b>0.874</b>

**Legends**

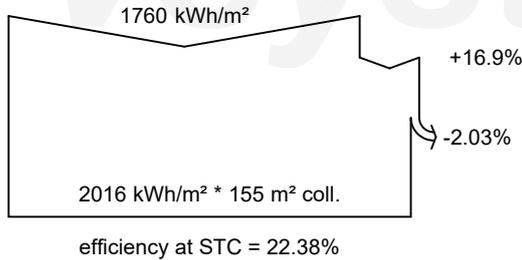
- GlobHor    Global horizontal irradiation
- DiffHor    Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb      Ambient Temperature
- GlobInc    Global incident in coll. plane
- GlobEff    Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray     Effective energy at the output of the array
- E\_Grid     Energy injected into grid
- PR          Performance Ratio



**PVsyst V7.4.1**

VC0, Simulation date:  
22/07/23 17:45  
with v7.4.0

**Loss diagram**



**Global horizontal irradiation**

**Global incident in coll. plane**

IAM factor on global

**Effective irradiation on collectors**

PV conversion

**Array nominal energy (at STC effic.)**

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

**Array virtual energy at MPP**

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

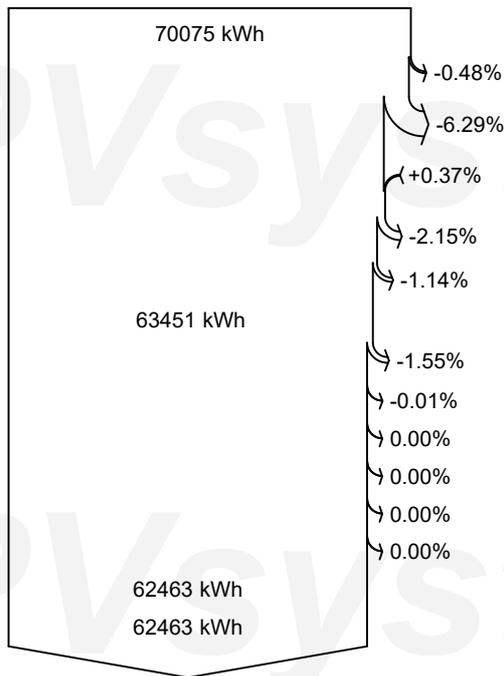
Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

**Available Energy at Inverter Output**

**Energy injected into grid**



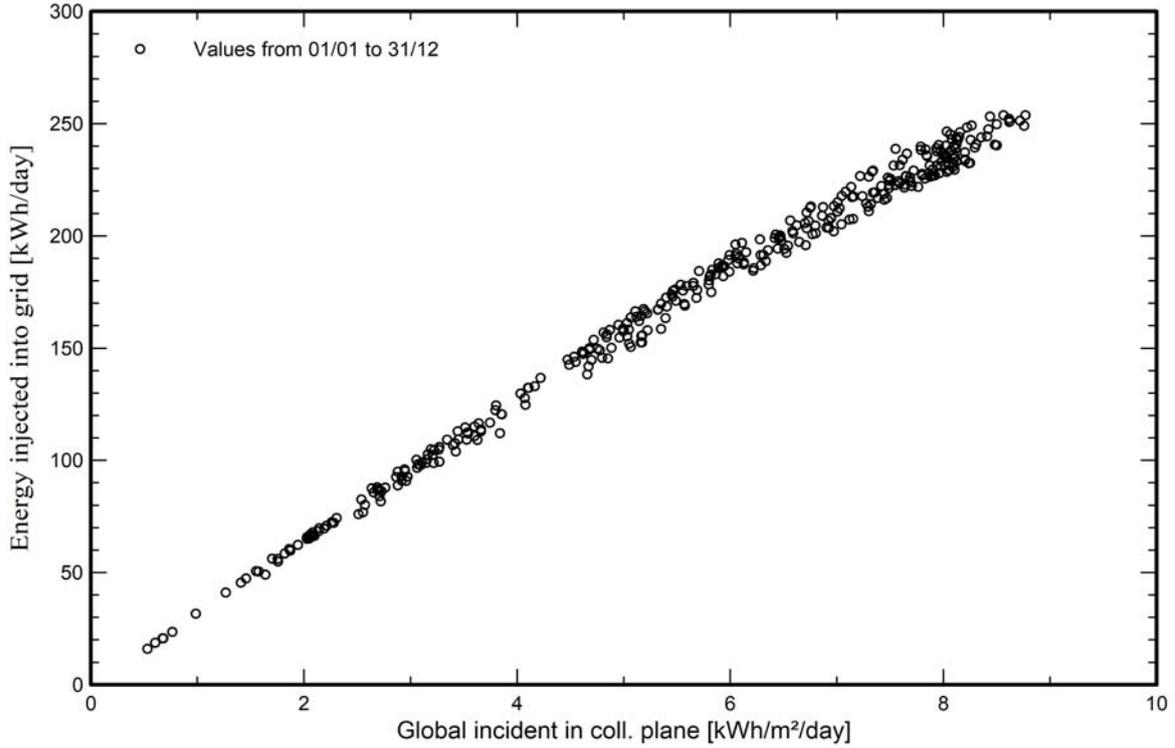


**PVsyst V7.4.1**

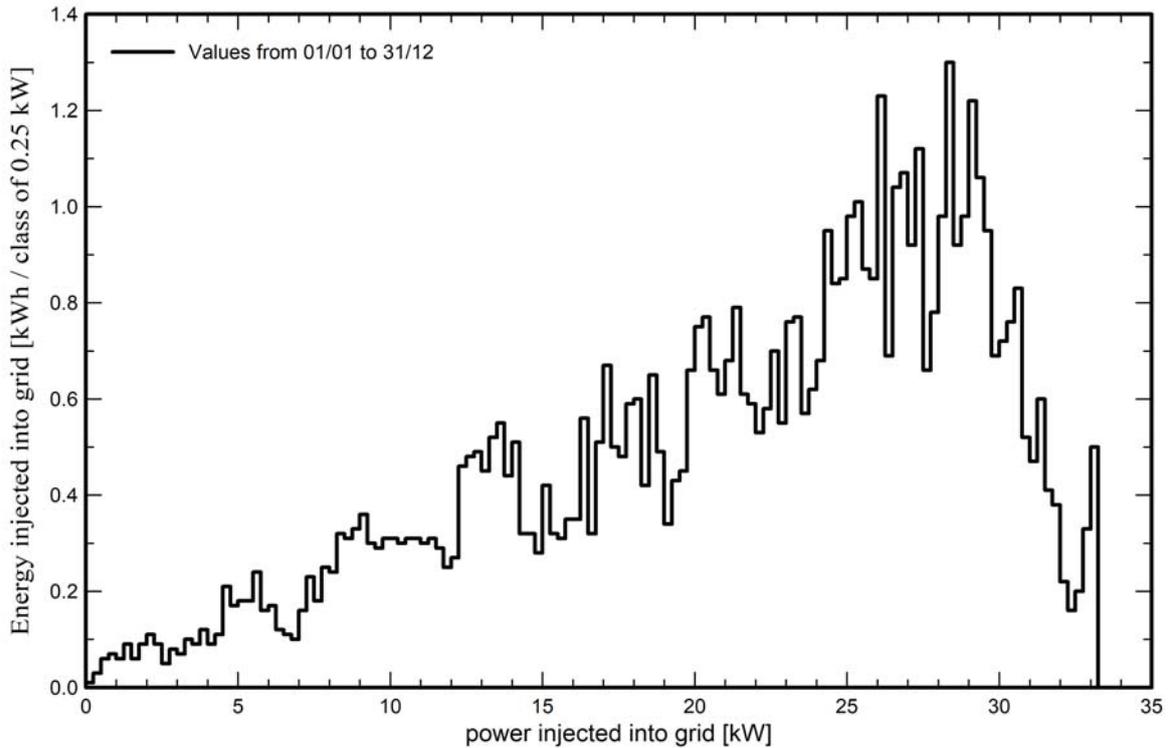
VC0, Simulation date:  
22/07/23 17:45  
with v7.4.0

**Predef. graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**

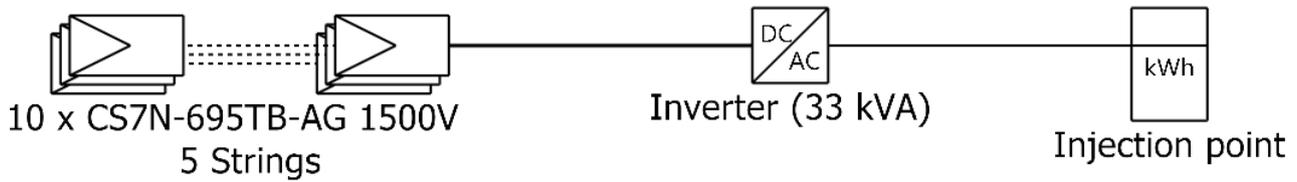




**PVsyst V7.4.1**

VC0, Simulation date:  
22/07/23 17:45  
with v7.4.0

# Single-line diagram



PV module	CS7N-695TB-AG 1500V
Inverter	Aotai_ASP-33KTLC
String	10 x CS7N-695TB-AG 1500V

TFG-MiguelGalan

VC0 : Nueva variante de simulación

25/08/23



**PVsyst V7.4.1**

VCO, Simulation date:  
 22/07/23 17:45  
 with v7.4.0

**CO<sub>2</sub> Emission Balance**

Total: 413.3 tCO<sub>2</sub>

**Generated emissions**

Total: 53.38 tCO<sub>2</sub>

Source: Detailed calculation from table below

**Replaced Emissions**

Total: 537.8 tCO<sub>2</sub>

System production: 62.46 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 287 gCO<sub>2</sub>/kWh

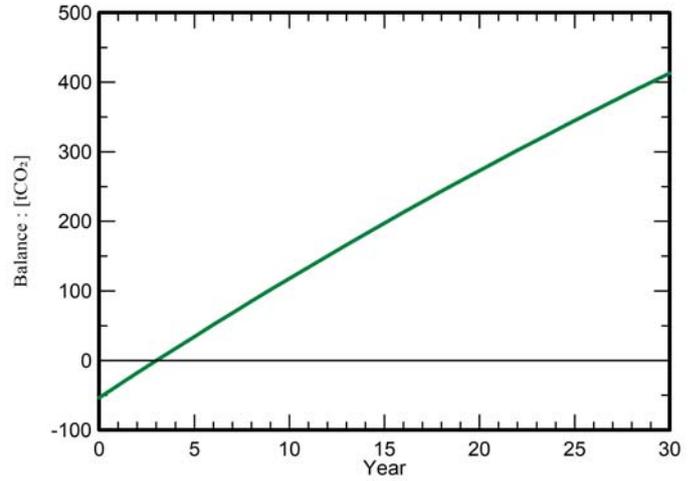
Source: IEA List

Country: Spain

Lifetime: 30 years

Annual degradation: 1.0 %

**Saved CO<sub>2</sub> Emission vs. Time**



**System Lifecycle Emissions Details**

Item	LCE	Quantity	Subtotal [kgCO <sub>2</sub> ]
Modules	1503 kgCO <sub>2</sub> /kWp	34.8 kWp	52238
Supports	1.91 kgCO <sub>2</sub> /kg	500 kg	957
Inverters	190 kgCO <sub>2</sub> /	1.00	190