



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO CREACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN ESPAÑA

Autor: Jorge Delgado Rueda

Director: José María Revuelto Matesanz

Co-Director: 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.: Jorge Delgado Rueda

Fecha: 20/ 07/2023



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: José María Revuelto Matesanz

CREACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN ESPAÑA

Autor: Delgado Rueda, Jorge.

Director: Revuelto Matesanz, José María.

Entidad Colaboradora: Remo Renovables

RESUMEN DEL PROYECTO

En este trabajo se ha analizado la implementación de comunidades energéticas en España. En el proyecto se han definido las características de estas comunidades y se ha realizado un análisis técnico, económico, y legal y administrativo. Además, se ha realizado el diseño de un posible proyecto real en la Comunidad de Madrid. Los resultados obtenidos han permitido concluir que las comunidades energéticas pueden ser muy rentables para sus participantes, además de fomentar la transición energética.

Palabras clave: energía renovable, comunidad energética, energía solar, paneles fotovoltaicos, transición energética

1. Introducción

La situación climática de nuestro planeta se encuentra en un momento crítico, por lo que la transición energética hacia energías renovables y el abandono de las fuentes de producción de energía que emiten gases de efecto invernadero es de suma importancia. Esta transición lleva años llevándose a cabo y los gobiernos y organizaciones están muy comprometidos.

Las comunidades energéticas son una forma de autoconsumo colectivo a través de energías renovables, gracias a las cuales muchos ciudadanos tienen la posibilidad de acceder al autoconsumo.

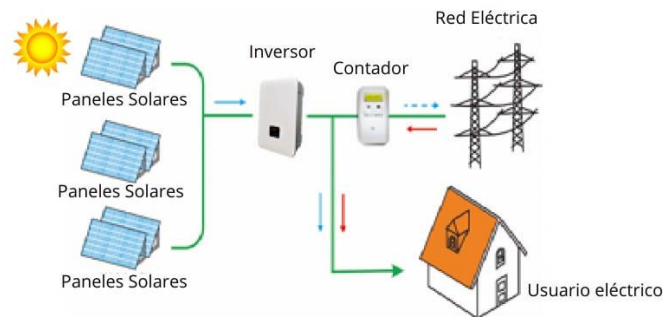
2. Definición del proyecto

En este proyecto se analizará el desarrollo de comunidades energéticas en España. El proyecto tiene el objetivo de analizar si es rentable la implementación de comunidades energéticas en España. Durante el proyecto se define y caracteriza el concepto de comunidades energéticas. También se realizan diferentes análisis técnico, económico, y legal y administrativo para comprender los diferentes aspectos de proyectos de comunidades energéticas. Finalmente, se realiza el diseño de un posible proyecto real para comprender el posible funcionamiento y resultados de una comunidad energética.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Las comunidades energéticas están definidas como entidades jurídicas formadas por ciudadanos, administraciones o pymes que se organizan para generar, gestionar y consumir su propia energía generada con fuentes renovables. El objetivo de estas es la implementación de energías limpias, la participación ciudadana y la creación de un entorno sostenible. En este trabajo se estudian las comunidades energéticas que

funcionan mediante energía solar fotovoltaica. En la ilustración 1 se muestra un esquema del funcionamiento de un sistema de autoconsumo con paneles solares (1).



Instalación de Autoconsumo sin excedentes y sin sistema de acumulación

Ilustración 1: esquema de autoconsumo mediante paneles solares

(Fuente: SFE Solar)

La energía solar fotovoltaica transforma la luz solar en electricidad mediante células fotoeléctricas, la energía producida está conectada tanto a los participantes de la comunidad como a la red eléctrica. Existen distintas opciones de realizar esta instalación: con o sin baterías, conexión a la red eléctrica ... Estas características se estudian en el trabajo.

4. Resultados

La comunidad energética que se ha diseñado se encuentra en Pozuelo de Alarcón, Madrid, España. Esta comunidad energética estaría formada por 16 participantes: el colegio Liceo Sorolla y 15 viviendas unifamiliares situadas en torno al colegio.

La instalación se ha diseñado mediante el software Wattwin (2), y tiene una potencia estimada de 98 kWp mediante 239 paneles solares. La comunidad energética diseñada vendería los excedentes a la compañía eléctrica mediante un convenio.

En la ilustración 2 se puede observar cómo estarían ubicados los paneles en la superficie del Colegio Liceo Sorolla.



Ilustración 2: Ubicación propuesta para los paneles fotovoltaicos

(Fuente: Wattwin)

El software Wattwin tiene la capacidad de estimar la producción de energía de la instalación. En la ilustración 3 se encuentra un diagrama de barras de la producción, así como del consumo de los participantes durante los distintos meses del año.

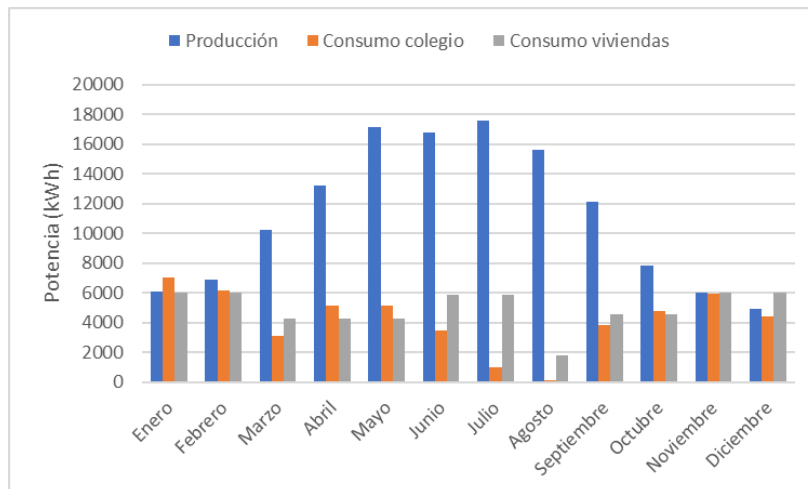


Ilustración 3: Gráfico de barras resultados producción y consumo comunidad energética

(Fuente: elaboración propia)

En este caso la producción y el consumo varían mucho en distintos meses, en ciertos meses la producción cubre el consumo de todos los participantes, y otros meses se deberá consumir de la compañía eléctrica. Uno de los aspectos claves de las comunidades energéticas es la autogestión, esto permitiría decidir a los miembros si el beneficio


obtenido por la venta de excedentes se reparte para cubrir las facturas energéticas de estos meses o se reinvierte en la comunidad energética, entre otras opciones.

5. Conclusiones

Las comunidades energéticas pueden brindar muchos beneficios a sus participantes, así como al medio ambiente. Estos proyectos todavía no están suficientemente regulados, pero en los próximos años tendrán un marco definido y cada vez se realizarán con más frecuencia. La transición energética es inevitable y las comunidades energéticas pueden ser una pieza clave de esta transformación.

Las dificultades de este tipo de proyectos no residen en la parte técnica, sino en la parte legal y administrativa. El hecho de no tener un marco bien definido dificulta esta aparte del proyecto. Sin embargo, se ha analizado el enorme potencial de las comunidades energéticas y el gobierno ya ha comenzado a establecer regulaciones para facilitar los proyectos de comunidades energéticas.

6. Referencias

1. Cordero RG. SunFields  Empresa de Placas y Equipos Solares. 2021 [citado 17 de julio de 2023]. Autoconsumo fotovoltaico: todo lo que necesitas saber - SunFields. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/autoconsumo-fotovoltaico/>
2. Wattwin - Integra todas las herramientas que necesitas para gestionar y escalar tu negocio de autoconsumo solar [Internet]. [citado 17 de julio de 2023]. Disponible en: <https://wattwin.com/>

CREATION OF ENERGY COMMUNITIES IN SPAIN

Author: Delgado Rueda, Jorge

Supervisor: Revuelto Matesanz, José María

Collaborating Entity: Remo Renovables

ABSTRACT

This paper has analyzed the implementation of energy communities in Spain. In this project, the characteristics of these communities have been defined and a technical, economic, and legal and administrative analysis has been carried out. In addition, the design of a possible real project in the Community of Madrid has been carried out. The results obtained have allowed us to conclude that energy communities can be very profitable for their participants, in addition to promoting the energy transition.

Keywords: renewable energy, energy community, solar energy, photovoltaic panels

1. Introduction

The climatic situation of our planet is at a critical moment, which is why the energy transition towards renewable energies and the abandonment of energy production sources that emit greenhouse gases is of the utmost importance. This transition has been taking place for years and governments and organizations are highly committed.

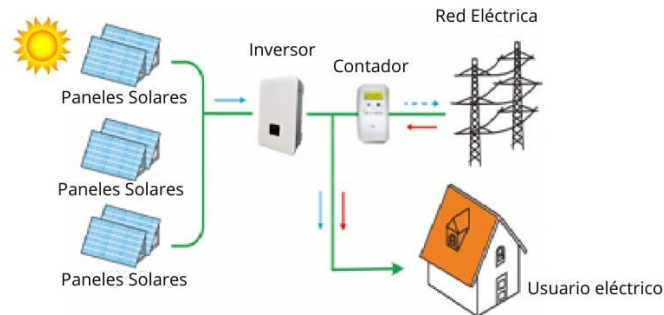
Energy communities are a form of collective self-consumption through renewable energy, thanks to these projects many citizens have the possibility of accessing self-consumption. This project will analyze the development of energy communities in Spain.

2. Definition of the project

This project has the objective of analyzing whether the implementation of energy communities in Spain is profitable. During the project, the concept of energy communities is defined and characterized. Different technical, economic, and legal and administrative analyzes are also carried out to understand the different aspects of energy community projects. Finally, the design of a possible real project is carried out to understand the possible operation and results of an energy community.

3. Description of the model/system/tool

Energy communities are defined as legal entities made up of citizens, administrations or SMEs that are organized to generate, manage and consume their own energy generated from renewable sources. The objective of these is the implementation of clean energy, citizen participation and the creation of a sustainable environment. In this work the energetic communities that work by means of photovoltaic solar energy are studied. Illustration 1 shows a diagram of the operation of a self-consumption system with solar panels (1).



Instalación de Autoconsumo sin excedentes y sin sistema de acumulación

Ilustración 4: self-consumption scheme using solar panels

(Source: SFE Solar)

Photovoltaic solar energy transforms sunlight into electricity through photoelectric cells, the energy produced is connected to both community participants and the electricity grid. There are different options for carrying out this installation: with or without batteries, connection to the electrical network... These characteristics are studied at work.

4. Results

The energy community that has been designed is located in Pozuelo de Alarcón, Madrid, Spain. This energetic community would be made up of 16 participants: the Liceo Sorolla school and 15 single-family homes located around the school. The installation has been designed using Wattwin software (2), and it has an estimated power of 98 kWp through 239 solar panels. The designed energy community would sell the surplus to the electric company through an agreement.

Illustration 2 shows how the panels would be located on the surface of the Colegio Liceo Sorolla.



Ilustración 5: Proposed location for photovoltaic panels

(Source: Wattwin)

Wattwin software has the ability to estimate the energy production of the facility. Illustration 3 shows a bar diagram of the production, as well as the consumption of the participants during the different months of the year.

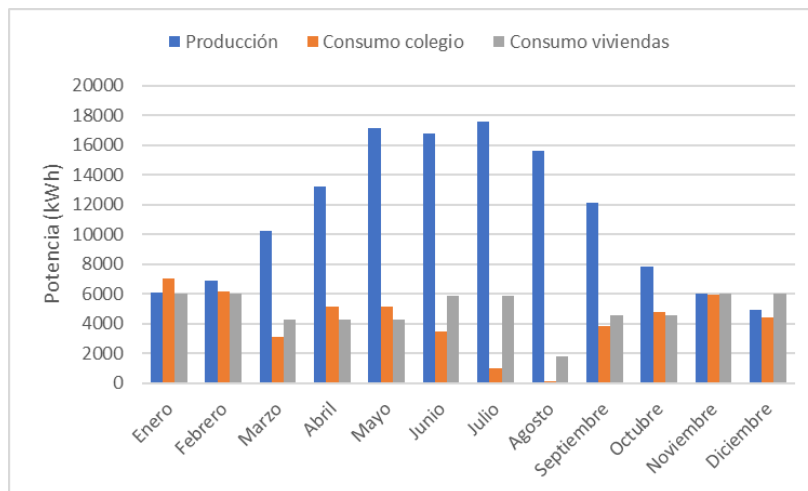


Ilustración 6: Bar graph results production and consumption energy community

(Source: self elaboration)


In this case, production and consumption vary greatly in different months, in certain months the production covers the consumption of all the participants, and other months it must be consumed by the electric company. One of the key aspects of the energy communities is self-management, this would allow the members to decide if the profit obtained from the sale of surpluses is distributed to cover the energy bills of these months or reinvested in the energy community.

5. Conclusions

Energy communities can bring many benefits to their participants, as well as to the environment. These projects are still not well regulated, but in the coming years they will have a defined framework and they will be carried out with increasing frequency. The energy transition is inevitable and energy communities can be a key part of this transformation.

The difficulties of this type of project do not reside in the technical part, but in the legal and administrative part. The fact of not having a well-defined framework makes it difficult to be part of the project. However, the huge potential of energy communities has been explored and the government has already begun to establish regulations to facilitate energy community projects.

6. References

1. Cordero RG. SunFields  Empresa de Placas y Equipos Solares. 2021 [citado 17 de julio de 2023]. Autoconsumo fotovoltaico: todo lo que necesitas saber - SunFields. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/autoconsumo-fotovoltaico/>
2. Wattwin - Integra todas las herramientas que necesitas para gestionar y escalar tu negocio de autoconsumo solar [Internet]. [citado 17 de julio de 2023]. Disponible en: <https://wattwin.com/>

ÍNDICE

1. Introducción.....	13
1.1 Contexto y justificación	13
1.2 Objetivos de la investigación	16
1.3 Metodología de la investigación	17
2. Marco teórico.....	17
2.1 Energías renovables y su papel en la transición energética	17
2.2 Comunidades energéticas: definición y características	18
2.3 Beneficios y desafíos asociados a las comunidades energéticas.....	19
3. Análisis técnico.....	20
3.1 Tecnologías aplicables a las comunidades energéticas	20
3.2 Diseño de proyectos de comunidades energéticas	23
3.3 Integración de la generación distribuida	24
4. Análisis económico	25
4.1 Costos de implementación y operación de un proyecto de comunidad energética	25
4.2 Evaluación de la viabilidad económica y financiera	27
5. Análisis legal y administrativo.....	28
5.1 Marco normativo y regulaciones relacionadas con las comunidades energéticas	28
5.2 Procedimientos y requisitos para la creación y gestión de una comunidad energética 32	
6. Desarrollo de un proyecto real	32
6.1 Características de la comunidad energética seleccionada	32
6.2 Diseño del proyecto.....	34
6.3 Planificación y ejecución del proyecto.....	39
6.4 Resultados obtenidos.....	42
7. Análisis DAFO del proyecto	48
7.1 Análisis de fortalezas y oportunidades del proyecto	48
7.2 Análisis de debilidades y amenazas del proyecto.....	49
8. Conclusiones finales	49
8.1 Evaluación de la rentabilidad del proyecto de comunidad energética	49
8.2 Recomendaciones para otros posibles proyectos	50
9. Bibliografía	50
10. Anexos.....	52

Índice de figuras

<i>Figura 1: Evolución de las emisiones de CO2 en el mundo</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2: Estructura de generación de energía eléctrica en España 2022</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3: Comunidad energética de Vubann</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Paneles fotovoltaicos</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5: Inducción Electromagnética</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Transformador</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7: Producción con inyección a la red.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8: Imagen de la ubicación.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9: imagen de la ubicación con indicadores.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10: gráfico de barras consumo mensual por vivienda</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11: gráfico de barras consumo mensual del colegio.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 12: Introducción de la ubicación de la instalación en el software</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13: vista satelital de la zona urbana de la instalación</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14: consumo mensual del colegio Liceo Sorolla.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15: consumo diario del colegio Liceo Sorolla</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16: Ubicación propuesta para los paneles fotovoltaicos</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17: gráfica resultados producción y consumo</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18: gráfico de barras resultados producción y consumo comunidad energética (Fuente: elaboración propia).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19: Coste desglosado</i>	<i>47</i>

1. Introducción

1.1 Contexto y justificación

En estos últimos años, tanto gobiernos como organizaciones están intentando hacer frente a uno de los mayores problemas a los que se está enfrentando nuestro planeta, el cambio climático y la contaminación. Pese a los esfuerzos de algunos y la indiferencia de otros, la situación actual no es favorable y es por ello por lo que se están aumentando las iniciativas para resolver este problema. En la figura 1, se puede apreciar la tendencia exponencial de las emisiones de CO₂ en el mundo (1).

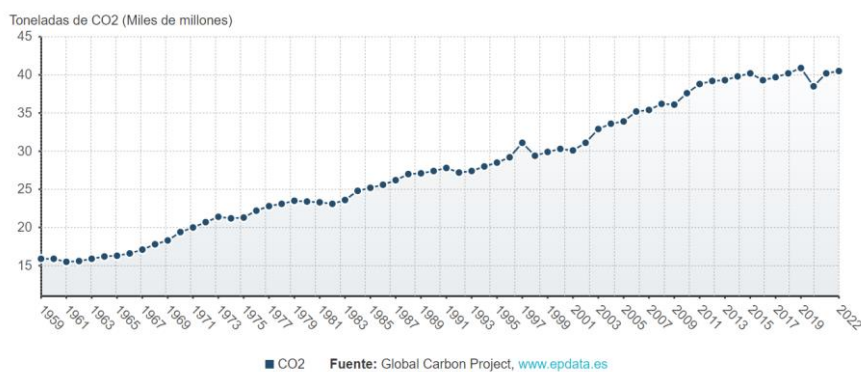
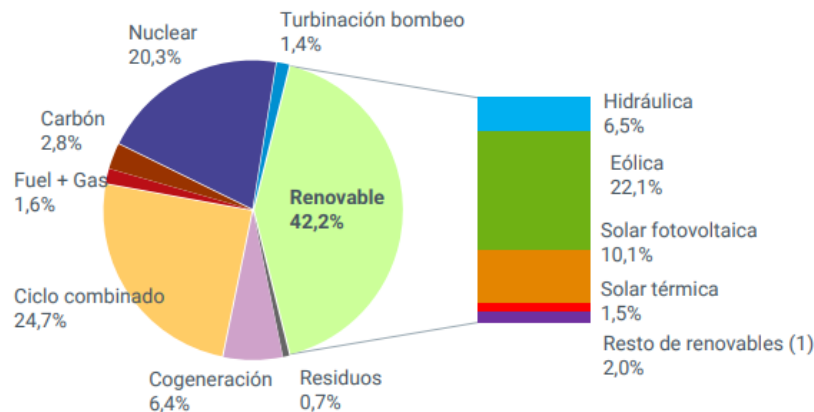


Figura 1: Evolución de las emisiones de CO₂ en el mundo

(Fuente: EpData)

Una de las apuestas más importantes para hacer frente a este problema es la “transición energética” hacia las “fuentes limpias”. El objetivo es abandonar las fuentes de producción de energía que emiten gases de efecto invernadero, como los combustibles fósiles, y establecer otras que emitan bajos niveles o nulos. Estas últimas son las energías renovables, la principal apuesta para hacer frente a la crítica situación del planeta. Las energías renovables son definidas por la ONU como un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse. Algunas de estas fuentes naturales son la luz solar o el viento.

España no se ha quedado atrás en esta transición, y hace años que comenzaron a implementarse las energías renovables. En 2022, el 42.2% de la potencia generada provino de fuentes renovables, lo que corresponde con 70.452 MW de potencia (2). La empresa Red eléctrica Española (REE), en su informe anual del sistema, presentó su previsión de que en este año 2023 España generaría el 50% de su potencia desde fuentes renovables (3). En la figura 2, se puede apreciar la distribución entre las distintas fuentes de energía de nuestro país (3). La energía renovable prevaleció en 2022, siendo la energía eólica y la energía solar fotovoltaica sus dos mayores exponentes.



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeléctrica y residuos renovables.

Figura 2: Estructura de generación de energía eléctrica en España 2022

(Fuente: Red Eléctrica Española)

Tanto el gobierno español como la Unión Europea están comprometidos con el desarrollo de las energías renovables en sus territorios. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) (2021-2030) prevé un crecimiento significativo de la penetración de las energías renovables en España, con el cual se obtendría en 2030 un 74% sobre el total de la producción (4). Este plan estima que se realizará una inversión estimada de 3.165 millones de euros para alcanzar los objetivos descritos.

En mayo de 2022 la presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, presentó un plan para la aceleración de las energías renovables y el ahorro energético (5). La Unión Europea espera reducir la emisión de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030, y para ello se realizará una inversión de 210.000 millones de euros.

No hay ninguna duda de que el sector de las energías renovables es y será fundamental para nuestro planeta, y cada vez son mayores las inversiones realizadas para agilizar la “transición energética” hacia estas energías.

Una vez analizado el contexto y comprendida la gran importancia y el crecimiento que seguirán teniendo las energías renovables podemos introducir el concepto de comunidades energéticas.

Las comunidades energéticas están definidas como entidades jurídicas formadas por ciudadanos, administraciones o pymes que se organizan para generar, gestionar y consumir su propia energía generada con fuentes renovables. El objetivo de estas es la implementación de energías limpias, la participación ciudadana y la creación de un

entorno sostenible. Este tipo de iniciativas permite tanto a ciudadanos como a administraciones o instituciones beneficiarse de distintas maneras, así como ayudar a reducir el impacto climático que acarrea la producción de energía. Las comunidades energéticas pueden estar ideadas en torno a cualquier energía renovables, pero este trabajo se centrará principalmente en la energía solar fotovoltaica.

Un ejemplo de una comunidad energética exitosa es la comunidad energética de Vubann en Freiburg, Alemania (6). La ciudad se puso de acuerdo para realizar una instalación fotovoltaica de 445 kW de energía. Esta instalación produce cuatro veces más que la energía que los vecinos consumen en un año. Se estima que de esta manera la ciudad evita el consumo de 200.000 litros de petróleo y la emisión de 500 toneladas de dióxido de carbono. Además, hay que tener en cuenta los enormes beneficios económicos y productivos que se generan para los miembros de la comunidad. En la figura 3 se puede observar una imagen del pueblo de Vubann antes mencionado.



Figura 3: Comunidad energética de Vubann

(Fuente: Solarmente)

El objetivo de este trabajo es investigar y desarrollar la idea de comunidades energéticas en España, y comprender los beneficios que se pueden obtener de estas. A continuación se analizarán los principales beneficios de las comunidades de interés energético:

- Las comunidades energéticas pueden ayudar a impulsar el crecimiento de las energías limpias en nuestro país, un crecimiento que ayuda a combatir a la crisis climática. Estas comunidades ayudan al abandono de las energías fósiles y a la reducción de la huella de carbono producida por otras fuentes de producción de energía
- Las fuentes de energías limpias son más accesibles para ciudadanos que jamás hubieran pensado beneficiarse de ella. Además, estas aumentarían a eficiencia energética.

- Las comunidades energéticas permitirían una reducción en las facturas de electricidad, estas facturas han alcanzado precios récord en estos últimos años y muchos ciudadanos no pueden pagarlas. El último informe de los indicadores de pobreza energética en España realizado en 2021 indica que el 9,5% de la población (4,5 millones de personas) no fueron capaces de pagar sus facturas de electricidad en fecha (7).
- Estas agrupaciones representan el compromiso comunitario con la transición hacia las energías limpias, no dejando esta responsabilidad en grandes corporaciones que realizan proyectos masivos a espaldas de sus ciudadanos. Además, este compromiso común puede favorecer al fortalecimiento de los lazos entre las distintas comunidades.

1.2 Objetivos de la investigación

El principal objetivo de este trabajo es analizar la idea de comunidades energéticas en España. Para ello, se realizará un estudio detallado de diferentes aspectos (técnico, económico, legal y administrativo) y, además, se desarrollará una propuesta de un proyecto real para comprender cómo se llevan a cabo proyectos de este tipo.

La meta más destacada del trabajo es analizar la rentabilidad de una comunidad energética en el territorio español, para ello se analizará tanto las posibles potencias obtenidas, así como el coste y beneficio económico. Este análisis se realizará numéricamente en el desarrollo del proyecto que se ha comentado.

Los principales objetivos del proyecto son:

- Analizar el impacto medioambiental que tendría la instalación de estas comunidades, es decir, la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y emisiones contaminantes que se evitarían al sustituir fuentes de energía convencionales por estas de energía limpia.
- Estudiar y analizar los diferentes aspectos a desarrollar para implementar una comunidad energética, como el estudio técnico con las potencias que se pueden obtener con una determinada fuente y tipo de energía renovable, la inversión económica a realizar; así como los beneficios y ahorro que obtendrían los integrantes de estas comunidades o los aspectos legales y administrativos necesarios para desarrollar este tipo de proyectos.
- Plantear una posible comunidad energética con unas especificaciones (tipo de energía, fuente, ubicación...) con el objetivo de analizar el estudio, desarrollo y resultados que se podrían obtener en un proyecto real. Este análisis se hará desde un aspecto técnico, con la intención de obtener resultados numéricos para conocer el alcance de producción energética de estas comunidades.
- Finalmente, concluir por qué estas comunidades energéticas serán un aspecto muy importante en nuestro país, analizando todas las conclusiones y resultados

obtenidos para corroborar todos los beneficios que se obtendrían con la implementación de comunidades energéticas.

1.3 Metodología de la investigación

En un primer lugar, se ha realizado una investigación para conocer con claridad qué hace referencia el término “Comunidad Energética”. Para ello se ha analizado documentos publicados por distintos gobiernos, así como proyectos reales realizados fuera y dentro de España. Se ha definido el concepto de “Comunidad Energética” y se ha buscado sus principales beneficios y barreras.

La siguiente parte del trabajo se ha basado en la realización de 3 análisis distintos: técnico, económico, y legal y administrativo. En cada uno se han empleado distintos recursos.

En el análisis técnico se ha hecho hincapié en explicar el funcionamiento de la energía solar fotovoltaica con paneles, pues es en esta fuente renovable en la que se ha centrado el trabajo. En el análisis económico se han explicado los costos generales de una instalación fotovoltaica y posibles métodos de financiación. Finalmente, en el análisis legal y administrativo se ha realizado una búsqueda de distintos documentos, tanto de la Unión Europea como del Gobierno español, que esclarecen la situación legal de las comunidades energéticas y definen sus características.

La siguiente parte del proyecto es la realización de un posible proyecto real, en el que se ha utilizado un software para obtener resultados numéricos. Se ha explicado el proceso paso a paso del diseño del proyecto y se han obtenido unos resultados muy útiles para el trabajo.

La última parte del trabajo consiste en el análisis de todo el trabajo realizado. En un primer lugar se ha realizado un análisis DAFO del proyecto real que se ha diseñado para ver su rentabilidad y analizar sus resultados. Para terminar, se ha realizado un capítulo de conclusiones para analizar la rentabilidad de implementar comunidades energéticas en España.

2. Marco teórico

2.1 Energías renovables y su papel en la transición energética

Como se ha analizado al comienzo del trabajo, las energías renovables han sido y son una de las apuestas más fuertes para combatir el cambio climático. Un cambio climático producido por el ser humano a lo largo de su existencia, y del cual ahora debe hacerse cargo.

Las energías renovables o limpias son imprescindibles para combatir la crisis climática. El año 2022 fue uno de los años más caluroso en los registros de nuestro planeta, además fue el octavo año consecutivo en el que la temperatura global ha aumentado 1 grado centígrado como mínimo.

También debemos tener en consideración que unos 775 millones de personas todavía no tienen acceso a electricidad (8). Por ello, es necesario una cooperación y compromiso global para el desarrollo de energías limpias con el objetivo de alcanzar el acceso universal a electricidad en 2030.

El crecimiento de las energías renovables es exponencial y aumenta con el tiempo, esto se puede observar en los datos presentados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) (9). Estos datos afirman que la potencia generada globalmente por renovables pasará del 28,7% en 2021 al 43% en 2030, y las principales fuentes serán la eólica y fotovoltaica.

2.2 Comunidades energéticas: definición y características

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) define en un informe las comunidades energéticas como organizaciones donde los miembros que forman parte se implican de manera directa en la planificación e implementación de las medidas que llevarán a cabo para la implantación de energías renovables en la producción, consumo y/o comercialización de energía eléctrica, térmica (calefacción), mecánica o combustible (biogás), así como en el desarrollo de medidas de eficiencia energética o de movilidad sostenible. Las comunidades utilizan, además, los recursos locales que tienen a su alcance y de los que pueden disponer (energía eólica, solar, biomasa, etc.)(10).

De nuevo, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) pone un ejemplo en su página web para comprender qué es una comunidad energética (10):

*“Imaginad vuestra comunidad de vecinos, vuestro barrio o un polígono industrial y que todos ellos tuviesen como objetivo principal **beneficiarse colectivamente de las mismas instalaciones de generación u otras medidas situadas en el entorno de dicha comunidad. ¿Qué supondría? Principalmente un aprovechamiento de la capacidad de generación eléctrica o térmica, una mejora de la eficiencia energética o un desarrollo de sistemas de movilidad sostenible, con potencial para un desarrollo de la gestión de la demanda en futuro. A través de la inversión en estas medidas, los actores de la comunidad energética podrían beneficiarse adicionalmente. Por otra parte, la comunidad o el área local, se beneficiaría en términos medioambientales y sociales.**”*

Para poder definir una comunidad energética, esta tiene que cumplir tres condiciones fundamentales(11):

1. Los socios y miembros de la comunidad energética deben ser personas físicas, pymes o autoridades locales.
2. La finalidad primordial de la comunidad energética es brindar beneficios medioambientales, sociales o económicos a sus miembros o a las zonas locales donde se encuentre esta, en lugar de beneficios financieros.
3. Esta debe ser una entidad jurídica la cual:
 - Esté basada en la participación voluntaria y abierta
 - Sea autónoma y esté gestionada por sus miembros

- Esté implantada en torno a proyectos de energías renovables
- Estos proyectos son desarrollados por la comunidad y son de su propiedad

Aunque más adelante se analizará el marco legislativo de estas comunidades, es importante resaltar la diferencia entre dos conceptos a la hora de definir las comunidades energéticas: Las Comunidades de Energía Renovable y Las Comunidades Ciudadanas de Energía(12).

Estos dos conceptos tienen varias características en común:

- Ambas son entidades jurídicas
- Las dos están basadas en la participación abierta y voluntaria, en estas pueden participar personas físicas, empresa, autoridades...
- El control y la autonomía de las comunidades reside en sus personas y entidades miembros de las mismas.
- El principal objetivo de estas comunidades es brindar beneficios económicos, sociales y medioambientales. Su objetivo no es obtener una rentabilidad financiera.

Sin embargo, estos dos conceptos también tienen ciertas características distintas:

- La orientación de la comunidad es distinta. Las Comunidades de Energías Renovables buscan fomentar el uso de energía producida mediante fuentes renovables, principalmente fotovoltaicas, a través de autoconsumos o compras colectivas. En cambio, Las Comunidades Ciudadanas de Energía buscan asegurar los derechos y libertades de acceso a la red con igualdad y sin discriminación, además de fomentar la participación ciudadana en el mercado de la electricidad.
- Las empresas que pueden participar. En una Comunidad de Energía Renovable cualquier “pyme” puede participar, siendo esta una empresa muy pequeña, pequeña o mediana. Sin embargo, en una Comunidad Ciudadana de Energía pueden participar “pequeñas empresas”, siendo estas aquella con menos de 50 trabajadores y balance anual no superior a 10 millones de euros.
- El peso del autoconsumo mediante energías renovables. El autoconsumo es un elemento imprescindible en una Comunidad de Energía Renovable, pero es opcional en una Comunidad Ciudadana de Energía.

Una vez analizadas las similitudes y diferencias de estos dos tipos de comunidades, es importante destacar que este trabajo se centrará en las Comunidad de Energías Renovables mediante instalaciones de paneles fotovoltaicos.

2.3 Beneficios y desafíos asociados a las comunidades energéticas

Las comunidades energéticas permiten una nueva manera de producir y consumir energía, estas permiten una organización entre sus usuarios a los cuales brinda distintos beneficios.

Los principales beneficios de las comunidades energéticas son:

- El fomento del uso de energías renovables, como la solar o la eólica. La transición hacia estas fuentes limpias es fundamental, pues reduce la dependencia de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero. Todo esto ayuda a hacer frente al cambio climático.
- Los usuarios de las comunidades energéticas pueden beneficiarse económicamente de distintas maneras. En un primer lugar, estos pueden reducir sus facturas de electricidad gracias a su propia generación de energía. Además, si su producción es mayor a su consumo pueden vender su excedente a la red eléctrica y obtener ingresos.
- El hecho de generar su propia energía brinda a las comunidades energéticas más independencia de la red eléctrica y de los combustibles fósiles.
- Las comunidades energéticas promueven la participación activa de los miembros de la comunidad en la toma de decisiones energéticas. Esto fomenta el empoderamiento y la sensación de pertenencia, ya que los individuos tienen la oportunidad de influir en el suministro y consumo de energía local.

Sin embargo, aunque las comunidades energéticas brindan buenas oportunidades para beneficiarse existen algunos problemas ligados a ellas. Los desafíos que más debemos destacar son:

- Marco normativo aún sin desarrollar completamente. Las comunidades energéticas no tienen un marco normativo bien definido, por lo que muchos proyectos son rechazados porque se desconfía de algo que no está reglamentado correctamente.
- Financiación
- La falta de proyectos de referencia.
- Cooperación entre usuarios puede ser complicada.

3. Análisis técnico

3.1 Tecnologías aplicables a las comunidades energéticas

En la definición de comunidad energética se expone que estas pueden estar formadas en base a cualquier tipo de energía renovables: eólica, hidráulica, solar fotovoltaica... Este trabajo se va a centrar en la energía solar fotovoltaica como fuente de energía, pues es la más fácil de implementar en un entorno urbano como se va a estudiar.

La energía solar fotovoltaica transforma la luz solar en electricidad, esto se realiza gracias a un proceso denominado efecto fotovoltaico a través de unos paneles. Cuando la radiación solar incide en una de las caras de las células fotoeléctricas (estas forman los paneles fotovoltaicos) se produce una diferencia de potencial eléctrica entre las caras.

Esta diferencia de potencial produce el movimiento de electrones de un lugar a otro, lo que produce una corriente eléctrica continua. Una imagen de paneles fotovoltaicos se puede encontrar en la figura 4.



Figura 4: Paneles fotovoltaicos

(Fuente: EDP)

Las células fotovoltaicas contienen una o varias láminas de un material semiconductor, así como un vidrio transparente que deja pasar la radiación e intenta mantener el calor. Estas células se fabrican normalmente con silicio, puesto que este material es bastante eficiente, y sus rendimientos rondan entre el 14% y el 17%. Sin embargo, la producción de estas se ha encarecido por la disponibilidad del silicio.

La energía solar es transformada en una corriente eléctrica continua, pero ésta debe ser transformada en corriente alterna para poder abastecer a los equipos electrónicos. Este fenómeno se produce en el inversor, el cual recibe la corriente continua y la transforma en corriente alterna a un voltaje y frecuencia determinados.

Para comprender cómo sucede este fenómeno debemos primero entender lo que es un alternador. Un alternador es una máquina eléctrica giratoria, que transforma en energía eléctrica la energía mecánica en forma de corriente alterna mediante la inducción electromagnética. El alternador más simple está compuesto por una bobina de alambre situada al lado de un imán que se encuentra girando. Cuando uno de los polos del imán se acerque a la bobina, en esta se creará una corriente inducida, y esta fluirá en la dirección opuesta a la rotación del imán. Entonces se produce una corriente alterna. Este fenómeno se puede ver ilustrado en la figura 5(13).

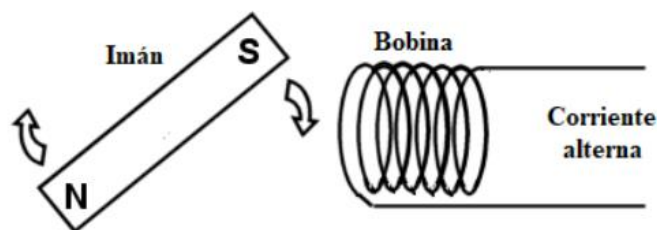


Figura 5: Inducción Electromagnética

(Fuente: Mpptsolar)

Un transformador también se encarga de inducir una corriente alterna en la bobina, sin embargo, en este caso el campo magnético variable es producido por otra bobina (bobina primaria). En la bobina primaria fluye una corriente alterna también.

Cada una de estas bobinas por las que fluye una corriente alterna se comporta como un imán y produce un campo magnético. Si la dirección de la corriente alterna cambia, la polaridad del campo magnético cambia con ella. El esquema de un transformador simple se puede observar en la figura 6 (13).

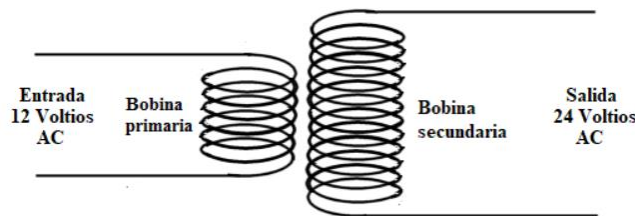


Figura 6: Transformador

(Fuente: Mpptsolar)

La verdadera característica útil de un transformador es que la tensión producida en la bobina secundaria no tiene que ser la misma que la tensión aplicada a la bobina primaria. Realmente, se puede producir la tensión que sea necesaria con la variación del tamaño de las bobinas.

Si en la bobina primaria, en lugar de corriente alterna, circula la corriente continua de una batería, no se forma una corriente inducida en la segunda bobina pues el campo magnético no varía. Sin embargo, si la dirección de la corriente continua es cambiada continuamente y rápidamente se habrá creado un inversor muy simple. Estos cambios continuos y rápidos se producen mediante circuitos de transistores u otros equipos. La frecuencia de la corriente alterna producida depende del tiempo del cambio de la corriente continua que circula por la bobina primaria.

Existen distintos tipos de transistores, pero analizando el funcionamiento de unos se pueden comprender los diferentes tipos. El funcionamiento es muy similar entre los distintos tipos.

Una vez se ha transformado en corriente alterna, ésta pasa por un contador para cuantificar la producción y ya está disponible para ser inyectada a la red general. De esta manera se puede aprovechar la energía que se encuentra en la radiación solar para nuestro consumo de energía eléctrica.

Al igual que en un autoconsumo, existen dos opciones para la potencia generada a través de las fuentes renovables. La primera, una instalación sin compensación de excedentes

en la cual no se inyecta energía a la red eléctrica. El segundo caso se trata de una instalación con compensación de excedentes, donde la energía generada no consumida se inyecta a la red y se obtiene compensación económica por ello.

La corriente alterna que sale del convertidor llega al cuadro eléctrico del sistema que se quiere alimentar, y se cubrirá el consumo necesario del sistema. En caso de inyección a la red, se instala un contador que contabiliza la generación y el consumo del sistema. En caso de que la generación sea superior al consumo, este excedente será inyectado a la red eléctrica en el punto de conexión más cercano a nuestra instalación. En la figura 7 se puede observar el fenómeno explicado mediante un esquema (14).

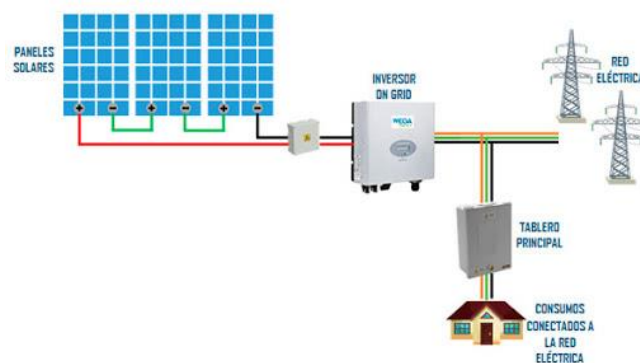


Figura 7: Producción con inyección a la red

(Fuente: energía solar Surya)

3.2 Diseño de proyectos de comunidades energéticas

El concepto de las comunidades energéticas es muy amplio, desde el tipo de entidad jurídica hasta el tipo de energía renovable con se produce la energía. Por ello es muy difícil determinar los procesos por los que pasa un proyecto de comunidades de energía renovable.

Este trabajo se centra en las comunidades energéticas basadas en la energía solar fotovoltaica, porque es un tipo de instalación que se puede realizar en zona urbana. Aun así, cada proyecto tiene sus características y procesos propio. Sin embargo, se van a definir las fases generales por las que pasaría un proyecto general en el aspecto técnico.

1. El primer paso es decidir quiénes van a formar parte de la comunidad energética, el número de participantes y el tipo de participantes (vivienda, colegio, ayuntamiento, polideportivo...) es fundamental para poder diseñar el proyecto. Una vez se sepan los participantes es importante comprender el consumo de energía que tiene cada uno de los miembros de la entidad jurídica para estimar el tamaño de la instalación que se va a realizar.

2. Entre todos los participantes, pues son estos quienes gestionan las comunidades, o los que hayan sido encargados del proyecto se debe establecer la potencia que se busca obtener en un principio.
3. Buscar la ubicación para la instalación de los paneles fotovoltaicos. Realmente esta fase y la anterior están directamente relacionadas, pues la potencia de la instalación depende directamente de la o las superficies de las que se disponga para ubicar los paneles. A mayor producción de energía como objetivo, se debe buscar más espacio para realizar la instalación.
4. Otra de las decisiones que se debe tomar es cómo se va a gestionar la energía producida. Decisiones como si se instalarán baterías para almacenaje, si se venderá el excedente o se inyectará a tierra, cuánto de la producción va a recibir cada participante de la comunidad.
5. Como todo proyecto, antes de ponerse en marcha se debe realizar un análisis de rentabilidad tanto económico como energético. Hoy en día existen distintos softwares que al introducir las características de la instalación que se desea implementar realizan informes muy detallados que pueden ayudar a decidir si la comunidad energética será eficiente.
6. Una parte fundamental del diseño del proyecto es la elección de los materiales. Una correcta elección de los paneles fotovoltaicos, las estructuras de soporte, inversores, baterías, cables o aparatos de medida es fundamental para la consecución de los objetivos del proyecto.
7. En esta fase del proyecto ya se puede realizar una estimación del precio aproximado de la realización de este. La estimación seguro que luego diferirá del precio final pues los proyectos siempre tienen imprevistos, pero es bueno tener una primera idea del costo total.
8. Finalmente, una vez se obtengan todos los permisos y estén resueltos los aspectos administrativos necesarios, así como el proyecto completamente definido en cuanto a la parte técnica se puede comenzar con la instalación.

3.3 Integración de la generación distribuida

La generación distribuida es el aprovechamiento de recursos energéticos situados en pequeñas fuentes de energía cercanas a la demanda o en los propios puntos de consumo. Cuando la energía se produce cerca del punto de consumo las pérdidas de energía en la distribución se reducen.

La energía eléctrica en España se genera en grandes plantas centralizadas situadas lejos de los puntos de consumo, esta producción viaja en líneas de media y alta tensión y tiene que recorrer cientos de kilómetros para poder llegar al usuario y ser consumida. Este tipo de esquema se denomina Generación Centralizada y se producen pérdidas en la distribución.

Este tipo de proyectos, así como los de autoconsumo, además de descentralizar la producción energética en nuestro país; favorece el abandono de la Generación Centralizada y el acercamiento a la Generación Distribuida.

Algunas de las ventajas de la Generación Distribuida son(15):

- Uso de energías renovables.
- Capacidad de reducir las pérdidas en la red eléctrica.
- Aumenta la fiabilidad y calidad del sistema eléctrico.
- Impulsa el desarrollo económico y social.
- La dependencia energética se ve reducida.
- Permite potencias reducidas.

4. Análisis económico

4.1 Costos de implementación y operación de un proyecto de comunidad energética

Los proyectos de comunidades energéticas varían mucho entre sí: ubicación, tipo de energía renovable, número de participantes...Por ello es muy difícil realizar un análisis general del coste de un proyecto de una comunidad energética.

Sin embargo, este trabajo está centrado en las comunidades energéticas que usan la energía solar para la producción de energía y más adelante se analizará un proyecto de este tipo en la Comunidad de Madrid. Por ello se va a realizar la estimación del coste de un proyecto de estas características.

A continuación, en la tabla 1, se muestra el precio de los componentes de una instalación fotovoltaica media en la Comunidad de Madrid (16).

COMPONENTE	FUNCIÓN	PRECIO	PRECIO SOBRE EL TOTAL (%)
<i>Paneles fotovoltaicos</i>	Transforma la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico.	200-250 euros	45-55 %
<i>Inversor solar</i>	Se encarga de transformar la corriente continua producida por el panel solar en corriente alterna con el objetivo de	1300-1600 euros	22 %

	habilitar su utilización.		
<i>Estructura soportante</i>	Se encarga de orientar el panel, proporcionar sujeción y protegerlo frente a las inclemencias meteorológicas.	80-90 euros	10 %
<i>Contador bidireccional</i>	Permite registrar la curva de carga de la vivienda para optimizar el autoconsumo.	200-250 euros	3 %
Cuadro de protecciones para CC y AC	Incluye todas las protecciones para la instalación fotovoltaica tanto para corriente alterna como corriente continua.	350 euros	5 %
Legalización y boletín	Incluye el registro y legalización de la instalación.	300 euros	5 %

Tabla 1: precio instalación fotovoltaica

(Fuente: R2M Solution)

Estos valores hacen referencia a la instalación de un autoconsumo, se debe tener en cuenta que una instalación para una comunidad energética será generalmente de mayor tamaño, lo que implicaría un precio mayor. Además, en el coste de la parte legal y administrativa se deberá tener en cuenta un valor superior porque las comunidades energéticas son más complejas en este aspecto, e implicará un precio mayor.

Esta estimación que se ha realizado es útil para entender el precio de cada aspecto de la instalación, pero siempre teniendo en cuenta que cada instalación es única y puede acarrear un precio más alto o bajo.

En este apartado además de los componentes de la instalación se debe tener en cuenta aspectos como la mano de obra, el transporte o el coste de alguna gestión si es necesario. El precio de los proyectos de comunidades energéticas será alto, pero es muy importante entender que es una inversión, y que en un futuro todos los participantes de estas se verán beneficiados.

4.2 Evaluación de la viabilidad económica y financiera

La evaluación de la viabilidad económica se debe hacer después de realizar todo el diseño y teniendo en cuenta que siempre pueden surgir imprevistos durante la realización de un proyecto.

Como se ha comentado, los proyectos de comunidades energéticas pueden ser muy distintos entre ellos y que el coste entre distintos proyectos difiera mucho.

Algunas comunidades energéticas pueden optar por la venta del excedente de producción a las compañías eléctricas, y otras simplemente consumir la producción de la instalación sin venta de excedentes. Además, no todas las viviendas, colegios, ayuntamientos u otros grupos tienen el mismo consumo ni la misma tarifa con la compañía eléctrica. Cada proyecto deberá estudiarse en función del coste y el retorno de la inversión que recibirán los participantes y decidir si se ejecuta el proyecto o no. La parte más importante de hacer entender a los posibles participantes de las comunidades energéticas es que la inversión que realicen ahora, aunque les parezca muy alta, se convertirá en un ahorro económico futuro.

Uno de los mayores desafíos de las comunidades energéticas es la financiación, pues muchas veces es necesaria al tratarse de proyectos de un coste elevado.

Existen distintas formas de financiar un proyecto de comunidad de energía renovable (16):

- **Aportación de los miembros.** Cada uno de los participantes realizará una aportación para que se pueda realizar el proyecto. En un futuro el coste del consumo habitual será reducido, además el objetivo será la obtención de beneficios futuros para conseguir autofinanciación si se quiere ampliar el proyecto más adelante.
- **Subvenciones y ayudas.** Dependiendo del lugar este tipo de comunidades tendrán unas opciones u otras, y podrán acceder a subvenciones, ayudas y reducciones para financiar el proyecto. Por ejemplo, las comunidades tienen la posibilidad de optar a las ayudas para instalaciones fotovoltaicas concedidas por el Gobierno, optar a reducciones fiscales por implementar energías renovables o acceder a subvenciones para el fomento y la participación ciudadana. Se debe acudir a las entidades locales y regionales para acceder a este tipo de ayudas para la financiación, estas suelen tener planes específicos para apoyar el uso de energías renovables.
- **Beneficios obtenidos.** Las comunidades energéticas tienen la posibilidad de vender la energía que producen, esto permite que obtengan beneficios (gracias al RD 244/2019 que habilita la posibilidad de habilitar un mecanismo para la compensación entre déficit y superávit, es decir, que habilita a vender la energía sobrante). Este beneficio económico que obtienen se reinvierte en la comunidad

asegurando la financiación necesaria, realizar mejoras y asegurar un funcionamiento óptimo.

- **Crowdfunding.** Esta nueva alternativa es utilizada por algunas comunidades de energía renovable para obtener financiación. Consiste en un sistema de participación de la ciudadanía, utilizando donaciones, bonos préstamos reembolsables y acciones de propiedad con voz y voto.
- **Financiación bancaria.** Optar por los préstamos tradicionales concedidos por los bancos es otra alternativa de financiación. Hace años era complicado conseguir un préstamo para un proyecto de este tipo, sin embargo, el éxito de este tipo de proyectos y la apuesta por las energías renovables de las entidades bancarias facilitan el acceso estos préstamos.

Se han analizado algunas de las opciones para obtener financiación para estos proyectos, para financiar un proyecto de este tipo es necesario tener distintas fuentes de financiación y no centrarse únicamente en una de las que se han explicado.

5. Análisis legal y administrativo

5.1 Marco normativo y regulaciones relacionadas con las comunidades energéticas

Como se ha comentado anteriormente, la Unión Europea está muy implicada en la implementación de energías renovables en los países que pertenecen a esta. Desde hace muchos años se establecen normas y subvenciones para incentivar la producción de energía desde fuentes limpias.

A continuación analizaremos la normativa y regulación establecida por la Unión Europea para las comunidades de interés energético.

En primer lugar analizaremos los conceptos publicados en "**CCE (Directiva UE 2019 / 944, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, Art. 16)**" (17). Dentro de este documento el artículo más resaltante es el 16, el cual se incluye a continuación.

Artículo 16

Comunidades ciudadanas de energía

1. Los Estados miembros ofrecerán un marco jurídico favorable para las comunidades ciudadanas de energías que garantice que:

- a) la participación en una comunidad ciudadana de energía sea abierta y voluntaria;*
- b) los socios o miembros de una comunidad ciudadana de energía tengan derecho a abandonar la comunidad; en tales casos se aplicará el artículo 12;*
- c) los socios o miembros de una comunidad ciudadana de energía no pierdan sus derechos y obligaciones como clientes domésticos o clientes activos;*

d) el gestor de la red de distribución correspondiente coopere, a cambio de una compensación justa evaluada por la autoridad reguladora, con las comunidades ciudadanas de energía para facilitar transferencias de electricidad entre estas;

e) las comunidades ciudadanas de energía estén sujetas a procedimientos y tasas, incluidos el registro y la concesión de licencias, equitativos, proporcionales y transparentes, así como a unas tarifas de acceso a la red transparentes y no discriminatorias, que reflejen los costes de conformidad con el artículo 18 del Reglamento (UE) 2019/943, y que garanticen que contribuyan de manera adecuada y equilibrada al reparto general de los costes del sistema.

2. Los Estados miembros podrán disponer en el marco jurídico favorable que las comunidades ciudadanas de energía:

a) estén abiertas a la participación transfronteriza;

b) tengan derecho a poseer, establecer, adquirir o arrendar redes de distribución y gestionarlas autónomamente con arreglo a las condiciones establecidas en el apartado 4 del presente artículo;

c) sean objeto de las exenciones previstas en el artículo 38, apartado 2.

3. Los Estados miembros garantizarán que las comunidades ciudadanas de energía:

a) puedan acceder a todos los mercados organizados directamente o a través de la agregación de forma no discriminatoria;

b) se beneficien de un trato no discriminatorio y proporcionado en lo que atañe a sus actividades, derechos y obligaciones como clientes finales, generadores, suministradores, gestores de redes de distribución o participantes en el mercado que presten servicios de agregación;

c) sean responsables económicamente de los desvíos que causen en el sistema eléctrico; a estos efectos, serán sujetos de liquidación responsables del balance o delegarán su responsabilidad en materia de balance con arreglo a lo dispuesto en el artículo 5 del Reglamento (UE) 2019/943;

d) respecto al consumo de electricidad autogenerada, las comunidades de energía sean tratadas como clientes activos de conformidad con el artículo 15, apartado 2, letra e);

e) tengan derecho a organizar dentro de la comunidad ciudadana de energía un reparto de la electricidad producida por las unidades de producción que pertenezcan a la comunidad, cumpliendo otros requisitos establecidos en el presente artículo, y a conservar los derechos y obligaciones de los miembros de la comunidad como clientes finales.

A los efectos de la letra e) del párrafo primero, cuando se comparta electricidad, se hará sin perjuicio de las tarifas de acceso a la red, otras tarifas y las tasas aplicables, conforme a un análisis de costes y beneficios de los recursos energéticos distribuidos llevado a cabo por la autoridad nacional competente.

4. Los Estados miembros podrán decidir la concesión a las comunidades ciudadanas de energía del derecho a gestionar redes de distribución en su zona de operaciones y definir los procedimientos correspondientes, sin perjuicio de lo dispuesto en el capítulo IV y de otras normas y reglamentaciones aplicables a los gestores de redes de distribución.

De concederse tal derecho, los Estados miembros velarán por que las comunidades ciudadanas de energía:

- a) tengan derecho a celebrar un acuerdo sobre la gestión de su red con el gestor de la red de distribución o el gestor de la red de transporte correspondiente al que esté conectada su red;*
- b) estén sujetas a tarifas de acceso a la red adecuadas en los puntos de conexión entre su red y la red de distribución externa a la comunidad ciudadana de energía; y a que en esas tarifas de acceso a la red se contabilicen por separado la electricidad introducida en la red de distribución y la electricidad consumida procedente de la red de distribución fuera de la comunidad ciudadana de energía, de conformidad con el artículo 59, apartado 9;*
- c) no discriminen ni perjudiquen a los clientes que sigan conectados a la red de distribución.*

El siguiente documento que analizaremos será “ **CER (Directiva UE 2018 / 2001, fomento uso de energía procedente de fuentes renovables, Art. 22)** “ (18). En este documento la información que hace referencia a las comunidades energéticas se encuentra en el artículo 22, este se incluye a continuación.

Artículo 22

Comunidades de energías renovables

1. Los Estados miembros garantizarán que los consumidores finales, en particular los consumidores domésticos, tengan derecho a participar en una comunidad de energías renovables a la vez que mantienen sus derechos u obligaciones como consumidores finales, y sin estar sujetos a condiciones injustificadas o discriminatorias, o a procedimientos que les impidan participar en una comunidad de energías renovables, siempre que, en el caso de las empresas privadas, su participación no constituya su principal actividad comercial o profesional.

2. Los Estados miembros garantizarán que las comunidades de energías renovables tengan derecho a:

- a) producir, consumir, almacenar y vender energías renovables, en particular mediante contratos de compra de electricidad renovable;*
- b) compartir, en el seno de la comunidad de energías renovables, la energía renovable que produzcan las unidades de producción propiedad de dicha comunidad de energías renovables, a condición de cumplir los otros requisitos establecidos en el presente artículo y a reserva de mantener los derechos y obligaciones de los miembros de la comunidad de energías renovables en tanto que consumidores;*
- c) acceder a todos los mercados de la energía adecuados tanto directamente como mediante agregación de manera no discriminatoria.*

3. Los Estados miembros llevarán a cabo una evaluación de los obstáculos existentes y del potencial de desarrollo de las comunidades de energías renovables en sus territorios.

4. Los Estados miembros proporcionarán un marco facilitador que permita fomentar y facilitar el desarrollo de las comunidades de energías renovables. Dicho marco facilitador garantizará, entre otras cosas, que:

a) se eliminen los obstáculos reglamentarios y administrativos injustificados a las comunidades de energías renovables;

b) las comunidades de energías renovables que suministren energía o proporcionen servicios de agregación u otros servicios energéticos comerciales estén sujetas a las disposiciones aplicables a tales actividades;

Estos dos artículos esclarecen la distinción entre comunidades de energía renovable y comunidades ciudadanas de energía a ojos de la Unión Europea.

Una vez analizado el marco normativo en la Unión Europea, se estudiará el marco en territorio español. Desde sus inicios, las comunidades energéticas han sido mencionadas en distintas publicaciones del gobierno español.

En el Real Decreto-ley 23/2020 del 23 de junio (19), en el que se aprueban diferentes medidas en materia de energía y otros ámbitos para la reactivación económica del sector eléctrico, se definen las Comunidades de Energías Renovables como: “*entidades jurídicas basadas en la participación abierta y voluntaria, autónomas y efectivamente controladas por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas y que estas hayan desarrollado, cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios 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.*” Por tanto, estas comunidades pueden basarse en instalaciones de cualquier vector energético, siempre y cuando sea renovable.

En España, no existe una normativa específica al respecto. Recientemente, el 21 de abril de 2023, El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) publicó una información de carácter público con el texto de un proyecto de Real Decreto para regular las dos figuras jurídicas que comprenden el ámbito de las comunidades energéticas.

El gobierno español afirma que mediante este Real Decreto se pretende incorporar al ordenamiento jurídico nacional los principios reguladores de estas comunidades energéticas, introduciendo un marco adecuado que proporcione seguridad jurídica, prevea la identificación y eliminación de barreras y contemple las medidas necesarias para su desarrollo.

En este documento “**PROYECTO DE REAL DECRETO POR EL QUE SE DESARROLLAN LAS FIGURAS DE LAS COMUNIDADES DE ENERGÍAS RENOVABLES Y LAS COMUNIDADES CIUDADANAS DE ENERGÍA**” se

encuentra pautas muy definidas del marco legislativo de las comunidades energéticas para el gobierno español.

5.2 Procedimientos y requisitos para la creación y gestión de una comunidad energética

Existe la posibilidad de que el desarrollo reglamentario previsto de las comunidades energéticas produzca una limitación de las distintas formas jurídicas que estas pueden acogerse. Sin embargo, hoy en día estas opciones son muy amplias, tanto como las necesidades que los miembros de estas comunidades tengan. Esto siempre que se adapten a los requisitos previstos por la definición legal.

Para la creación de una comunidad energética se deberá constituir una entidad jurídica que se ocupe de la gestión de la instalación energética. Una vez elegido el desempeño y ámbito de la comunidad (generación, distribución, suministro, agregación, almacenamiento de energía...) y los miembros (personas físicas y jurídicas, públicas o privadas) deberá crearse una entidad jurídica que puede, sin que se limite a éstas, la forma de asociación, cooperativa, sociedades mercantiles, agrupación de interés económico, consorcio, fundación...

Los estatutos de la entidad jurídica creada asegurarán la participación democrática y libre, así como que los beneficios que esta comunidad obtenga sean repartidos y disminuyan el coste de la energía. Además, que esta acarree ventajas medioambientales y sociales para la comunidad.

Esta entidad jurídica se podrá relacionar con otros actores del mercado eléctrico, así como con otras entidades jurídicas, públicas o privadas, que no sean miembros, mediante cualquier régimen reconocido en el ordenamiento jurídico español (contratos, convenios de colaboración, cesión de bienes...). Se deberá tramitar ante la Administración Pública el proyecto técnico para poder obtener las licencias administrativas necesarias y poder ejecutar la obra o instalación requerida(20).

6. Desarrollo de un proyecto real

6.1 Características de la comunidad energética seleccionada

Para comprender el proceso de implementación de una comunidad energética se realizará a continuación el desarrollo teórico de un proyecto, en el que se analizará los pasos a seguir.

Esta comunidad energética producirá energía mediante paneles fotovoltaicos, es decir, la energía se obtendrá de la luz solar. El lugar seleccionado para la instalación es el colegio Liceo Sorolla, ubicado en Avenida de Bularas 4, código postal 28224, en Pozuelo de Alarcón, Madrid. Los participantes en esta comunidad energética serán el colegio y los vecinos que viven en sus proximidades.

Este colegio ha sido seleccionado como lugar para instalar las placas fotovoltaicas porque está rodeado de viviendas individuales familiares, chalets y adosados, y esto facilitará mucho el diseño de una posible comunidad energética. En la figura 8 se puede observar la ubicación del colegio y sus alrededores.

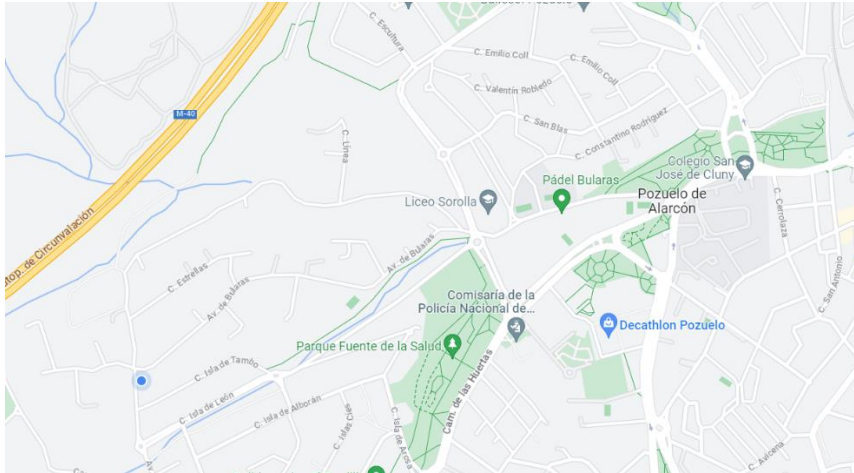


Figura 8: Imagen de la ubicación

(Fuente: Google Maps)

En la siguiente figura 9, se observa también la ubicación donde se planea realizar la comunidad energética. La zona amarilla indica la ubicación del Colegio Liceo Sorolla, dónde se planea instalar los paneles fotovoltaicos. Los dos contornos azules indican las principales zonas de viviendas que participarían en esta comunidad energética.

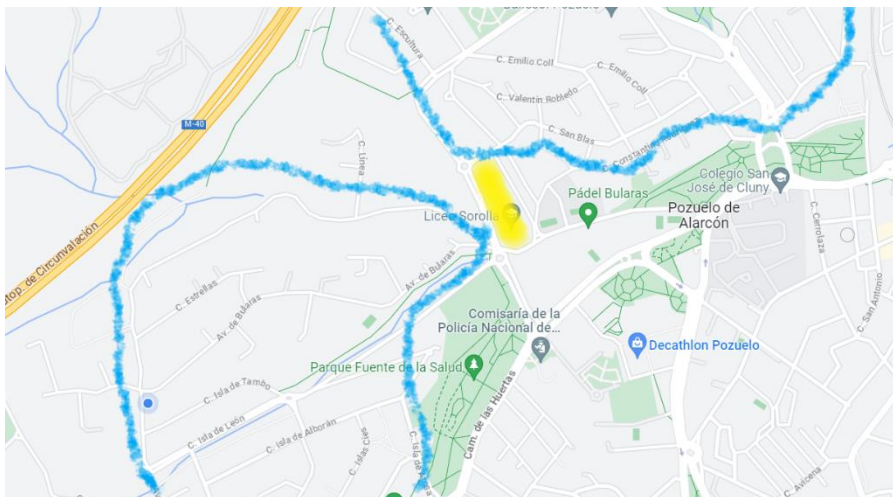


Figura 9: imagen de la ubicación con indicadores

(Fuente: Google Maps)

El colegio Liceo Sorolla cuenta con 10.000 metros cuadrados entre clases, zonas exteriores e instalaciones deportivas. Este centro educativo cuenta con 1300 alumnos.

En un primer lugar se supondrá que la comunidad energética está formada por 16 participantes: el Colegio Liceo Sorolla y 15 viviendas unifamiliares (chalets o adosados) situadas alrededor del colegio.

El 5 de abril de 2019 el Gobierno aprobó el RD 244/2019 que establece las condiciones para el autoconsumo fotovoltaico. El nuevo Real Decreto completó el marco regulatorio del RD 15/2018 que eliminó el conocido impuesto al sol.

Los puntos claves que se incluyeron con respecto a la instalación de paneles fotovoltaicos son:

- La energía producida a partir de instalaciones de autoconsumo queda libre de impuestos. Con esto quedó obsoleto el denominado “impuesto al sol”.
- Se reconoce el derecho al autoconsumo colectivo, por parte de agrupaciones, colectivos ...
- Los trámites administrativos y técnicos para instalaciones de poca potencia fueron simplificados.
- Se posibilita el alquiler de tejados y/o cubiertas para que terceros puedan producir electricidad.
- En caso de querer realizar una instalación de autoconsumo con excedentes acogida a compensación la potencia de la instalación no deber superar los 100 kW. Además, el consumidor de energía no puede obtener un beneficio económico, es decir, solamente se puede compensar la energía no consumida y el resultado de las facturas nunca será negativo.

6.2 Diseño del proyecto

Antes de comenzar con el diseño del proyecto se debe comentar que para analizar la producción, el consumo y el costo energético se estudiará durante un periodo de un año. Cada uno de los 12 meses será analizado individualmente, y finalmente el cómputo global.

La ubicación de la comunidad energética es conocida, sin embargo, para poder realizar los cálculos correctamente es necesario conocer el consumo energético de los participantes.

En primer lugar se analizará el consumo de las viviendas unifamiliares. Estas viviendas se asumirá que tendrán las mismas dimensiones y consumo de potencia. Esta suposición es aceptable pues todas las viviendas de las zonas indicadas tienen tamaños muy parecidos, y la mayoría están habitadas por familias con varios hijos.

La zona donde se implementará la comunidad energética forma parte de una zona donde mayoritariamente la compañía eléctrica es Iberdrola. Por ello los datos obtenidos son los respectivos a una factura de esta compañía eléctrica.

La potencia contratada con Iberdrola en una vivienda con 4 personas (2 hijos) suele ser de 5,5 kW y una vivienda familiar consume una media de 4000 kWh/año. Por ello se ha hecho una distribución entre los distintos meses cuya suma total esté entorno a este valor.

En la tabla 1 se encuentra la distribución de consumo que se ha aproximado para los diferentes meses.

	kWh		%
Enero	400	% respecto media	21.12
Febrero	400	% respecto media	21.12
Marzo	285	% respecto media	-13.70
Abril	285	% respecto media	-13.70
Mayo	285	% respecto media	-13.70
Junio	390	% respecto media	18.09
Julio	390	% respecto media	18.09
Agosto	120	% respecto media	-63.66
Septiembre	304	% respecto media	-7.95
Octubre	304	% respecto media	-7.95
Noviembre	400	% respecto media	21.12
Diciembre	400	% respecto media	21.12
Total	3963		
Media mensual	330.25		

Tabla 2: consumo mensual vivienda

(Fuente: elaboración propia)

En los valores de la tabla 1 se puede observar que el consumo total anual de una vivienda es de 3963 kWh, y la media mensual es de 330.25 kWh.

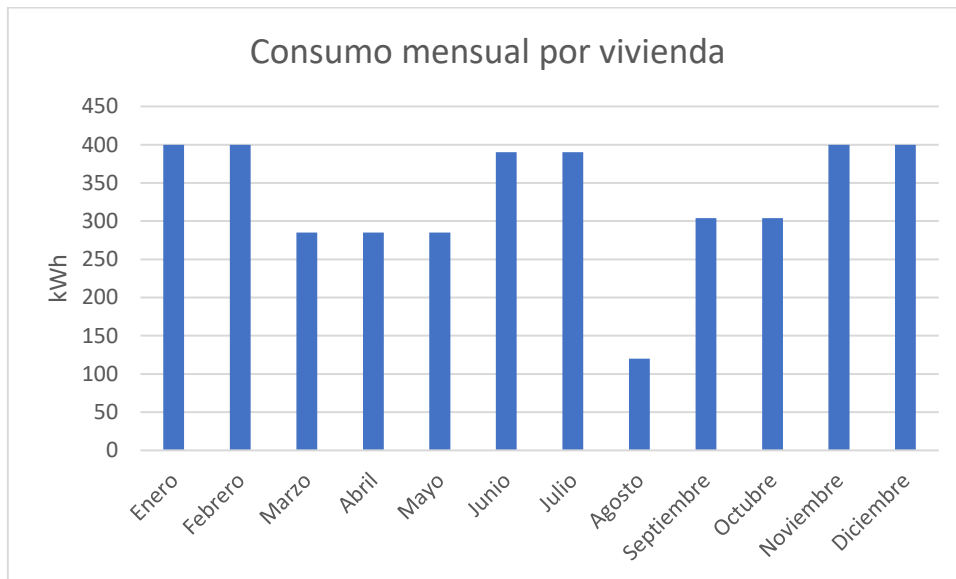


Figura 10: gráfico de barras consumo mensual por vivienda

(Fuente: elaboración propia)

La figura 10 contiene un gráfico de barras con el consumo mensual en kWh. En los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero el consumo es un 21,12% superior a la media puesto que en estos meses de invierno el consumo de la calefacción y otros aparatos es alto. Durante junio y julio el consumo es un 18.01% mayor, en estos meses de calor en Madrid se produce un gran uso del aire acondicionado lo que incrementa el consumo. Además, en agostos el consumo es un 60% menor que la media, pues la mayoría de las familias pasan este mes fuera de su residencia en Madrid. El resto de los meses el consumo es muy parecido, sin grandes alteraciones.

En la tabla 3 se puede ver el consumo mensual del total de las 15 viviendas que formarán parte de la comunidad energética, estos valores serán muy útiles más adelante para analizar la eficiencia de este proyecto.

	kWh
Enero	6000
Febrero	6000
Marzo	4275
Abril	4275
Mayo	4275
Junio	5850
Julio	5850
Agosto	1800
Septiembre	4560
Octubre	4560

Noviembre	6000
Diciembre	6000
Total	59445
Media	4953.75

Tabla 3: consumo total de las 15 viviendas

(Fuente: elaboración propia)

Para el consumo del colegio no se han podido obtener las facturas reales, lo cual hubiese hecho el diseño del proyecto más real y sencillo. Sin embargo, se ha podido tener acceso a un informe de auditoría energética realizado en 2017 por la empresa “Energio” para el colegio San José Obrero. Este colegio se encuentra próximo al colegio Liceo Sorolla, y sus dimensiones y número de alumnos son similares, por lo que se estima que el uso de esta información es coherente.

En la tabla 4 se observa la distribución de consumo mensual que se ha estimado para el colegio.

	kWh		%
Enero	7000	% respecto media	67.66
Febrero	6000	% respecto media	43.71
Marzo	3000	% respecto media	-28.14
Abril	5000	% respecto media	19.76
Mayo	5000	% respecto media	19.76
Junio	3500	% respecto media	-16.17
Julio	1000	% respecto media	-76.05
Agosto	100	% respecto media	-97.60
Septiembre	4000	% respecto media	-4.19
Octubre	5000	% respecto media	19.76
Noviembre	6000	% respecto media	43.71
Diciembre	4500	% respecto media	7.78
Total	50100		
Media	4175		

Tabla 4: consumo mensual colegio

(Fuente: elaboración propia)

En los valores de la tabla 2 se puede observar que el consumo total anual del colegio es de 50100 kWh, y la media mensual es de 4175 kWh.

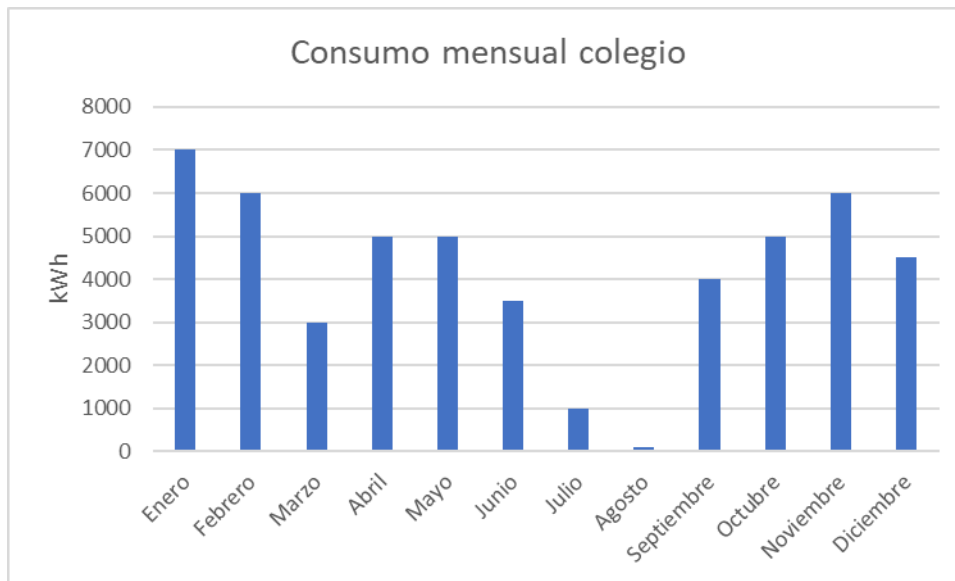


Figura 11: gráfico de barras consumo mensual del colegio

(Fuente: elaboración propia)

La figura 11 contiene un gráfico de barras en el que se observa el consumo eléctrico del colegio según los meses del año. En él podemos ver que los meses de julio y agosto tiene un valor casi nulo puesto que el colegio permanece cerrado. Los meses de invierno, desde noviembre hasta febrero, el consumo es alto por el uso de la calefacción. Finalmente, hay que destacar que mayo y junio tienen valores algo más altos que otros meses por el uso del aire acondicionado en estos meses de calor.

Como se ha comentado en este trabajo, se ha de tomar la decisión si se realiza una instalación menor a 100 kW de potencia con el objetivo de vender los excedentes de producción. En un artículo publicado por la empresa “Electry Consulting” (21) se recomienda realizar un análisis en las instalaciones de entre 15 kW y 100 kW para decidir si es mejor la compensación de excedentes o la venta de excedentes.

- Compensación de excedentes: la compañía eléctrica descuenta mensualmente de la factura de electricidad la potencia que se haya inyectada a la red ese mes a un precio establecido.
- Venta de excedentes a la comercializadora: en este caso se vende directamente el excedente a la compañía y se obtiene un beneficio.

La consultora eléctrica afirma que si se tiene un excedente estable cada mes, lo mejor es acogerse a la compensación. En caso contrario, lo mejor es optar por el autoconsumo sin compensación y vender a la comercializadora los excedentes.

En caso de seleccionar la venta de excedentes sin compensación se pueden dar dos casos (22):

- El primero, el usuario formaliza un acuerdo de representación en el mercado eléctrico con alguna comercializadora para la venta de energía.
- El segundo, el consumidor puede darse de alta directamente como productor en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPRE).

En un principio analizando los conceptos de compensación y venta de excedentes, y observando los consumos de los participantes; la mejor opción será optar por la venta de excedentes. Más adelante cuanto se obtenga la producción estimada de la instalación esta decisión será más clara.

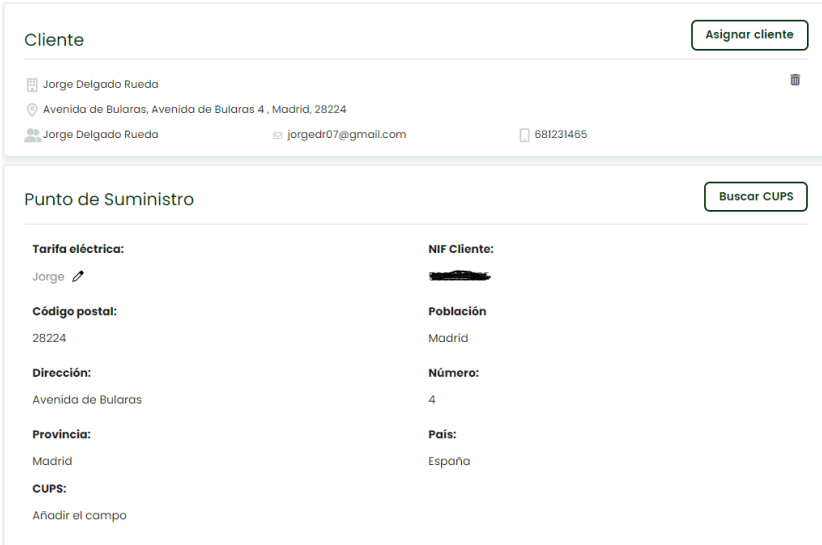
6.3 Planificación y ejecución del proyecto

Para la realización del proyecto se utilizará la website de la empresa “Wattwin”, el software de Wattwin, de libre uso, se define como un software con todas las herramientas necesarias para gestionar y escalar un negocio de autoconsumo. Sin embargo, esta puede ser muy útil para realizar el proyecto de una comunidad energética.

El software es utilizado generalmente únicamente para autoconsumo, pero realizando ciertas modificaciones podemos analizar una comunidad energética. A continuación se describirá los pasos y parámetro que se han establecido en el software para el diseño y planificación del proyecto.

1. Establecer la ubicación donde se realizará la instalación fotovoltaica.

En la figura 12 se puede observar los datos introducidos en el software, en este caso solo era necesario introducir la dirección del Colegio Liceo Sorolla: Avenida de Bularas 4, Pozuelo de Alarcón, Madrid, 28224.



The screenshot shows a software interface with two main sections: 'Cliente' and 'Punto de Suministro'.

Cliente Section:

- Name: Jorge Delgado Rueda
- Address: Avenida de Bularas, Avenida de Bularas 4, Madrid, 28224
- Contact: Jorge Delgado Rueda, jorgedr07@gmail.com, 681231465
- Action: Asignar cliente

Punto de Suministro Section:

- Tarifa eléctrica: Jorge
- Código postal: 28224
- Dirección: Avenida de Bularas
- Provincia: Madrid
- CUPS: Añadir el campo
- NIF Cliente: [Redacted]
- Población: Madrid
- Número: 4
- País: España
- Action: Buscar CUPS

Figura 12: Introducción de la ubicación de la instalación en el software

(Fuente: Wattwin)

Una vez introducida la ubicación, el software sitúa la ubicación geográfica de la instalación y muestra un mapa con sus alrededores. En la figura 13 se puede observar que el software ha ubicado el colegio, y vemos las viviendas de la zona que se quieren integrar en la comunidad energética.

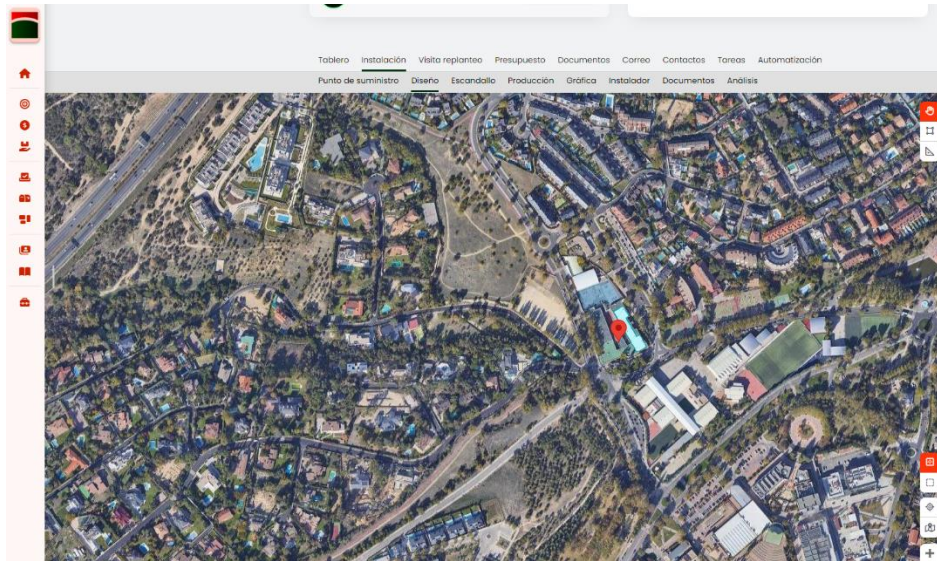


Figura 13: vista satelital de la zona urbana de la instalación

(Fuente: Wattwin)

2. Establecer el consumo del colegio Liceo Sorolla

En las figuras 14 y 15 se puede ver los consumos que se han establecido para los 12 meses del año según los parámetros previamente explicados. Los valores no son exactos porque en el software se introduce el consumo total anual, y se va variando cada mes respectivamente. También se ha establecido que el consumo es aproximadamente 4 veces mayor en días laborales que en festivos, porque en festivos el colegio permanece cerrado y el consumo es obviamente menor. Además, como se puede ver en la figura 15 en el consumo por horas en días laborales, el consumo es superior desde las 7:00 hasta aproximadamente las 19:00 que es cuando el colegio está abierto.



Figura 14: consumo mensual del colegio Liceo Sorolla

(Fuente. Wattwin)

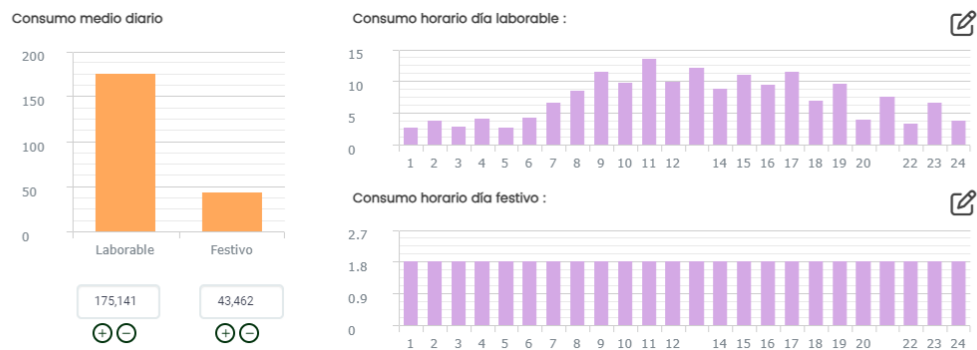


Figura 15: consumo diario del colegio Liceo Sorolla

(Fuente: Wattwin)

3. Ubicación y propiedades de los paneles fotovoltaicos y otros productos

Una vez el software ha reconocido la ubicación de la instalación, se debe seleccionar la cubierta donde se instalarán los paneles fotovoltaicos. Para ello, se dibuja un área donde se desea ubicar los paneles, y el software indica la disposición de estos.

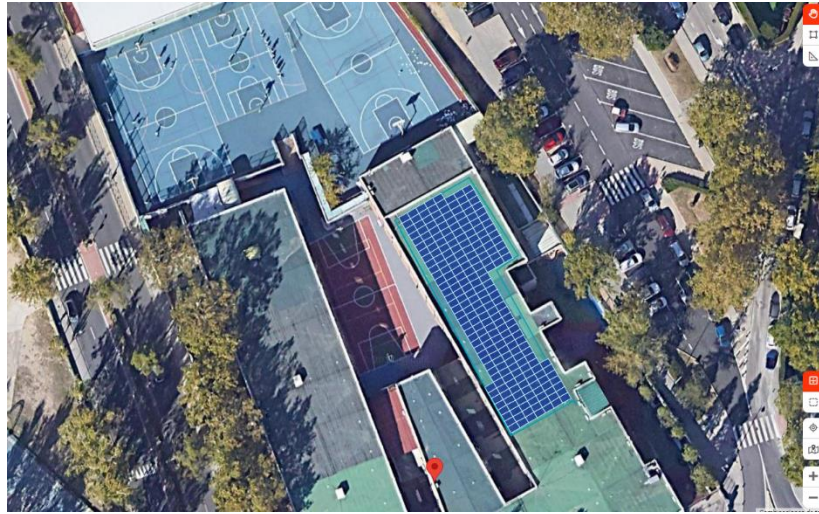


Figura 16: Ubicación propuesta para los paneles fotovoltaicos

(Fuente: Wattwin)

Esta zona de la parte superior del edificio ha sido seleccionada pues es la zona que más horas de luz solar recibe con mayor incidencia.

Los productos que se van a utilizar están establecidos en el software para el cálculo parámetros.

- Paneles solares Hyundai HY-410 VG.
- Inversor Huawei SUN2000-100KTL-M1.
- Estructura 09V5 15°. Soporte inclinado abierto para cubierta plana vertical.

La ficha técnica de los paneles solares se encuentran en el anexo 1, y la ficha técnica del inversor en el anexo 2.

Un aspecto muy importante de las comunidades energéticas es que los participantes son quienes gestionan y deciden sobre este proyecto. Uno de los mayores desafíos es establecer la distribución de la energía producida entre los participantes, y que parte de la producción recibe cada uno.

En este caso se ha decidido que cada una de las 15 viviendas recibirá la misma cantidad mensualmente, pero el colegio será el sujeto perteneciente a la entidad jurídica que más potencia recibe. Esta decisión se ha tomado porque el colegio tiene un consumo más alto, y es el que ha cedido parte de su propiedad para la instalación de los paneles.

6.4 Resultados obtenidos

El sistema propuesto por el software tiene las siguientes características:

- **Potencia propuesta:** 98 kWp

- **Número de paneles:** 239 paneles
- **Radiación anual:** 1.813,83 kWh/m²/año
- **Dimensión área:** 558,69 m²

La instalación propuesta tiene los siguientes componentes cada uno con su función:

- **Módulo Fotovoltaico:** convierte la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica. La electricidad producida se obtendrá en forma de corriente continua. Estos módulos suelen ubicarse en la cubierta de los edificios y de manera menos habitual en la superficie del suelo.
- **Inversor:** Su principal función es transformar la energía generada en corriente continua a corriente alterna.
- **Estructura soporte:** Necesaria para fijar los módulos fotovoltaicos a la cubierta mediante los elementos de sujeción tales como vigas o perfiles. La estructura propuesta consta de los elementos fabricados en aluminio o acero galvanizado y tendrá una inclinación según la ubicación de la instalación.
- **Sistema de regulación:** aseguran el correcto funcionamiento de la instalación y maximiza el rendimiento eléctrico. Para ello emplearemos el sistema de monitorización que proporciona información sobre las variables y los dispositivos de protección eléctrica instalados.
- **Elementos de protección:** frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones, derivaciones a tierra, etc. Actuarán al aparecer un hecho anormal en el funcionamiento de la instalación, provocando una alarma e incluso la parada de algún grupo. Tienen una doble función: Asegurar la integridad total de los equipos instalados y proteger a las personas frente a contactos eléctricos directos e indirectos.
- **Kit de Inyección cero:** consiste en un analizador bidireccional que realiza el ajuste entre la energía generada y la energía consumida.
- **Equipo de medida:** encargado de contabilizar los kWh autoconsumidos, ya sean consumidos de la red eléctrica o vertidos a la propia red. Los equipos de medida empleados se ajustarán a los requisitos establecidos en el RD900/2015 garantizando una correcta medición.

En la siguiente tabla, tabla 5, se encuentran las potencias de producción estimadas para el año posterior a la instalación, el consumo y la potencia excedente en caso de que el colegio cubra el 100% de su consumo con la instalación fotovoltaica.

	Producción (kWh)	Consumo (kWh)	Excedente (kWh)
<i>Enero</i>	6095.94	7013.42	-917.48
<i>Febrero</i>	6894.47	6151.23	743.24
<i>Marzo</i>	10267.18	3091.56	7175.62
<i>Abril</i>	13235.16	5142.31	8092.85
<i>Mayo</i>	17142.04	5163.78	11978.26

<i>Junio</i>	16807.94	3498.52	13309.42
<i>Julio</i>	17582.13	1002.6	16579.53
<i>Agosto</i>	15606.37	103.92	15502.45
<i>Septiembre</i>	12135.13	3829.68	8305.45
<i>Octubre</i>	7862.63	4767.15	3095.48
<i>Noviembre</i>	6041.46	5919.02	122.44
<i>Diciembre</i>	4951.43	4417.36	534.07

Tabla 5: resultados producción y consumo colegio

(Fuente: elaboración propia)

La última columna de la tabla 5 se ha calculado de la siguiente manera:

$$\text{Excedente} = \text{producción} - \text{consumo colegio}$$

En la figura 17 se puede observar una gráfica donde muestra los valores mensuales de producción (color naranja), los valores de consumo (color verde) y, en caso de que haya, el excedente (color azul).

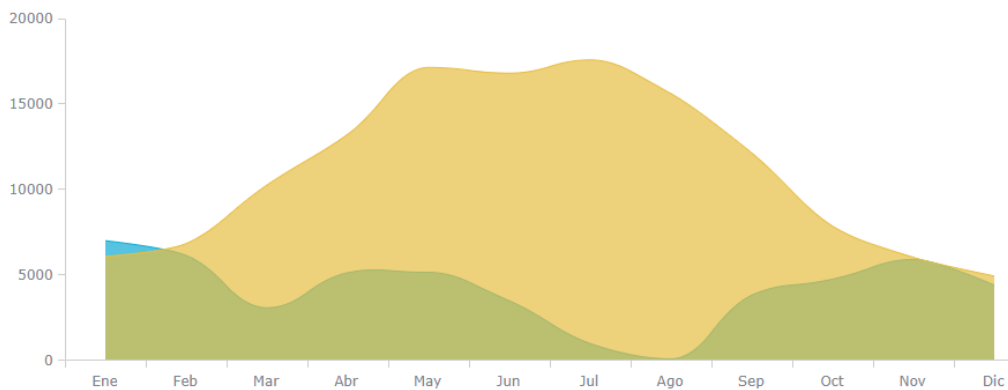


Figura 17: gráfica resultados producción y consumo

(Fuente: Wattwin)

En la tabla 3 se encuentra el consumo total mensual de las 15 viviendas que formarán parte de la comunidad energética. En la siguiente tabla, la tabla 6, se ha añadido el consumo de las 15 viviendas en la tabla y se ha tenido en cuenta este para el cálculo del excedente.

	Producción (kWh)	Consumo colegio (kWh)	Consumo viviendas (kWh)	Excedente (kWh)
Enero	6095.94	7013.42	6000	-6917.48
Febrero	6894.47	6151.23	6000	-5256.76

Marzo	10267.18	3091.56	4275	2900.62
Abril	13235.16	5142.31	4275	3817.85
Mayo	17142.04	5163.78	4275	7703.26
Junio	16807.94	3498.52	5850	7459.42
Julio	17582.13	1002.6	5850	10729.53
Agosto	15606.37	103.92	1800	13702.45
Septiembre	12135.13	3829.68	4560	3745.45
Octubre	7862.63	4767.15	4560	-1464.52
Noviembre	6041.46	5919.02	6000	-5877.56
Diciembre	4951.43	4417.36	6000	-5465.93

Tabla 6: resultados producción y consumo comunidad energética

(Fuente: elaboración propia)

La última columna de la tabla 6 se ha calculado de la siguiente manera:

$$\text{Excedente} = \text{producción} - \text{consumo colegio} - \text{consumo viviendas}$$

Los valores por destacar de esta última columna son los de los meses Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero puesto que el excedente es negativo, lo que implica que la instalación fotovoltaica no será capaz de cubrir el consumo completo de todos los participantes de la comunidad. Esto implica que durante estos meses estos deberán seguir comprando electricidad a la compañía eléctrica.

En cambio, desde los meses de Marzo a Septiembre el excedente es positivo, lo que implica que no solo todo el consumo de cada uno de los participantes estará cubierto sino que la comunidad energética podrá vender el excedente a la compañía eléctrica.

En la figura 18 se puede observar un gráfico de barras con los valores de la tabla 6, y se observa los aspectos que se acaban de explicar.

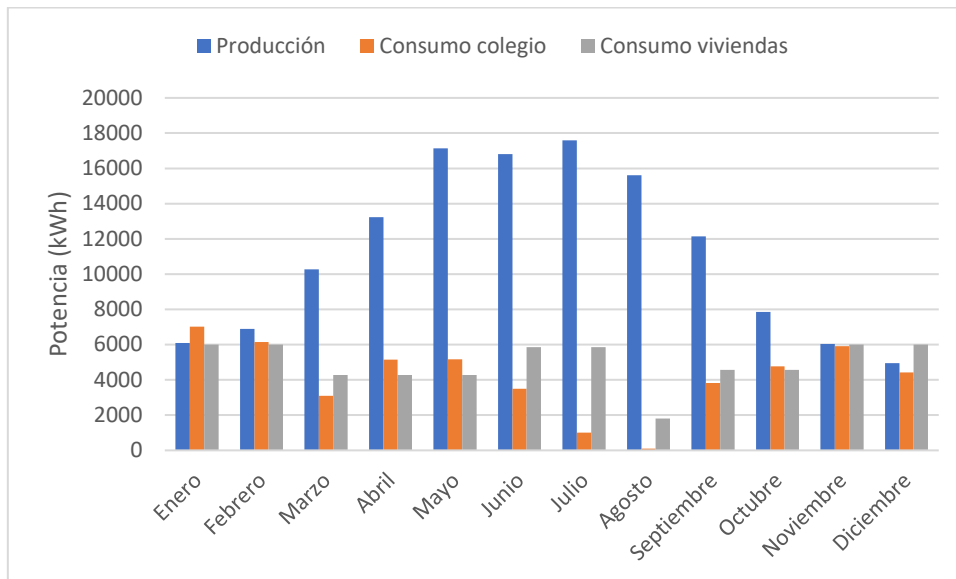


Figura 18: gráfico de barras resultados producción y consumo comunidad energética (Fuente: elaboración propia)

Uno de los aspectos más difíciles de estos proyectos es que los participantes se pongan de acuerdo en el reparto de la potencia producida y todos queden satisfechos. Una buena relación entre los participantes es fundamental para que la comunidad energética funcione y siga mejorando. Lo lógico en este caso sería pensar que el colegio debe recibir una cantidad de energía mayor pues es quien ha cedido parte de su terreno para realizar la instalación, pero también se debería tener en cuenta la inversión que ha realizado cada participante.

Ahora que ya se tiene conocimiento de la producción estimada de la instalación fotovoltaica se analizará la rentabilidad en caso de optar por la venta de excedentes sin compensación.

La empresa “Solarfam” explica en su página web cómo funciona esta modalidad de autoconsumo(23): “Como ejemplo, una industria con una cubierta disponible de cerca de 15.000 m² disponibles, en la que se instalen 250 kWp y garantice que el 50% de su producción se autoconsume, podría vender la mitad de su generación, que puede ser de aproximadamente 180.000 kWh en un año. Si consideramos el precio medio de la electricidad en España en unos 40 €/MWh, estaríamos hablando, en este ejemplo, de unos beneficios de 7.200 € gracias a la venta de excedentes a la red de electricidad.”

El precio medio de la electricidad en España en 2022 fue de 0,335 €/kWh. Si suponemos este precio para la estimación podemos calcular los posibles beneficios de los meses de Marzo a Septiembre como:

$$\text{Beneficio} = 0,335 \text{ €/kWh} * (\text{Excedente marzo kWh} + \text{excedente abril kWh} + \dots + \text{excedente septiembre kWh})$$

Beneficio = $0,335 \cdot (2900.62 + 3817.85 + 7703.26 + 7459.42 + 10729.53 + 13702.45 + 3745.45)$
= 16.769,62€

A continuación, en la figura 19, se va a añadir un desglose del coste total del proyecto, el cual ha sido estimado por el software “Wattwin”.

Paneles Solares Hyundai HY-410 VG <small>BFOR-HIE-S410VG</small>	241 x 174,20 €	41.982,20 € + 21 % IVA
ESTRUCTURA 09V5 15°. Soporte inclinado abierto para cubierta... <small>BFOR-ESTRUCTURA.15-09V5</small>	241 x 268,13 €	64.618,13 € + 21 % IVA
BFOR Cable AC <small>BFOR-AC</small>	395.2 x 2,75 €	1.086,80 € + 21 % IVA
BFOR Cable Solar 4MM2 <small>BFOR-SOLAR.4MM2</small>	1580.9 x 0,86 €	1.359,57 € + 21 % IVA
BFOR Red Tierra <small>BFOR-TIERRA</small>	988.1 x 2,75 €	2.717,28 € + 21 % IVA
KIT Material Eléctrico <small>BFOR-Kit.Mat.Elec</small>	1 x 875,00 €	875,00 € + 21 % IVA
Mano de obra - Jefe de Obra <small>BFOR-Mdo.JefeObra</small>	20 x 181,88 €	3.637,60 € + 21 % IVA
Mano de obra - Operario Estructura <small>BFOR-Mdo.Operario.Estructura</small>	40.1 x 158,14 €	6.341,41 € + 21 % IVA
Mano de Obra - Operario Cableado <small>BFOR-Mdo.Operario.Cable</small>	39 x 158,14 €	6.167,46 € + 21 % IVA
Mano de obra - Operario Modulo <small>BFOR-Mdo.Operario.Mod</small>	20 x 158,14 €	3.162,80 € + 21 % IVA
Mano de Obra - Operario Inversor <small>BFOR-Mdo.Operario.Inv</small>	1 x 158,14 €	158,14 € + 21 % IVA
Mano de obra - Transporte y Comida <small>BFOR-Mdo.Viaticos</small>	9.8 x 750,00 €	7.350,00 € + 21 % IVA
Mano de obra - Maquinaria <small>BFOR-Mdo.Maquinaria</small>	1 x 812,50 €	812,50 € + 21 % IVA
Seguridad y Salud <small>SEGURIDAD_SALUD</small>	4.9 x 100,00 €	490,00 € + 21 % IVA
Gestión de Residuos <small>BFOR-GESTION.RESIDUOS</small>	4.9 x 200,00 €	980,00 € + 21 % IVA
Legalización OCA <small>Instalación BFOR-Permisos.OCA</small>	1 x 750,00 €	750,00 € + 21 % IVA
Vatímetro Huawei Smart meter DDSU666-H Monofásico <small>BFOR-Huawei.Meter-DDSU666-H</small>	1 x 93,50 €	93,50 € + 21 % IVA
Inversor Huawei SUN2000-100KTL-M1 <small>BFOR-SUN2000-100KTL-M1</small>	1 x 2.258,79 €	2.258,79 € + 21 % IVA

Figura 19: Coste desglosado

(Fuente: Wattwin)

Importe base: 144.841,18 €

IVA: 30.416,65 €

Total: 175.257,83 €

Aunque el coste simulado del proyecto es muy alto, los beneficios a medio y largo plazo hacen comprensible este monto. Una vez finalizada la instalación y el sistema puesto en marcha, tanto el colegio como las viviendas ahorrarán en su consumo eléctrico.

Según las producciones estimadas presentadas en la tabla 6 desde el mes de marzo hasta el mes de septiembre esta energía generada por la instalación fotovoltaica cubriría todo el consumo de los participantes, lo que implicaría un gasto nulo en electricidad. Además de los beneficios económicos calculados anteriormente provenientes de la venta del excedente.

En los meses de octubre a febrero, la producción no cubre el total del consumo pero sí parte de ello. En estos meses los participantes deberán decidir el reparto de esta energía producida entre ellos, y aunque estos tendrán que pagar la energía no cubierta, su factura se verá reducida pues parte de este consumo sí está cubierto.

Los participantes de la comunidad energética deberán tomar otra decisión, cómo gestionar los beneficios por la venta del excedente. Una opción es reinvertirlo en la comunidad energética para su desarrollo y mantenimiento. Otra opción sería repartir parte de este dinero entre los participantes para cubrir las facturas eléctricas de los meses de octubre a febrero.

7. Análisis DAFO del proyecto

7.1 Análisis de fortalezas y oportunidades del proyecto

Fortalezas del proyecto:

- F1 – El Gobierno considera estratégico el desarrollo de la energía solar y la generación en autoconsumo.
- F2 – España es uno de los países más avanzados en tecnología solar y legislación de autoconsumo.
- F3 – España tiene una localización excepcional para la generación de energía solar.
- F4 – El mercado español valora muy positivamente el uso de este tipo de energía como ahorro y protección del medio ambiente.

Oportunidades del proyecto:

- O1 - Ser de los primeros en lanzar este modelo de negocio permite acceder a un mercado virgen.
- O2 – La selección de emplazamientos cuando el mercado es virgen permite aumentar la eficiencia de generación.

- O3 - Desarrollar nuevos productos y tecnologías para este sector.
- O4 - Creación fuente de empleo estable debido a que estas infraestructuras requieren de personal cualificado.

7.2 Análisis de debilidades y amenazas del proyecto

Debilidades del proyecto:

- D1 – La legislación Española relativa a Comunidades Energéticas es muy Joven y poco conocida.
- D2 – El acceso al crédito para la financiación no es fácil debido a a la poca experiencia por parte de los Bancos en la financiación de estos proyectos
- D3 – La burocracia para la concesión de este tipo de licencias es compleja y lenta
- D4 - No hay demasiados productos (loggers, contadores...) y herramientas de software maduros para distribución e imputación de costes a cada miembro de la Comunidad

Amenazas del proyecto:

- A1 – Los costes de logística y transporte debido a la guerra de Ucrania e inflación se han disparado haciendo poco rentable algunos proyectos.
- A2 – El incremento de los tipos de interés hace que el retorno de la inversión se alargue en el tiempo y poco interesante para los inversores.
- A3 – La reducción de la demanda debido al estancamiento de la economía podría impactar en los planes de negocio.
- A4 – La eliminación de los incentivos financieros en función del partido que gobierne en cada caso.

8. Conclusiones finales

8.1 Evaluación de la rentabilidad del proyecto de comunidad energética

Después de realizar un análisis de diferentes aspectos de un proyecto para la creación de comunidades energéticas se puede hacer un análisis general.

El primer aspecto que se ha de comprender es la finalidad de las comunidades energéticas, si bien muchos pueden pensar que su objetivo es el beneficio económico, el verdadero objetivo es el desarrollo de las energías renovables a través del compromiso de los ciudadanos. Obviamente estos proyectos deben acarrear beneficios para los participantes de estos proyectos.

En este proyecto se ha analizado el desarrollo de comunidades energéticas en las cuales la energía es producida por la energía solar fotovoltaica, pero cualquier fuente renovable puede constituir una comunidad. En este caso, la dificultad de los proyectos de este tipo

no reside en la complejidad técnica. La dificultad reside en desarrollar los proyectos, crear los convenios entre participantes o establecer la entidad jurídica. La parte legislativa del proyecto es complicada pues no existe un marco bien definido, pero en breves el gobierno establecerá este.

Cada proyecto de comunidad energética es distinto, por ello es difícil analizar la rentabilidad de los proyectos en general. Un buen diseño y planificación son la clave para obtener beneficios de estos proyectos.

En el proyecto que se ha diseñado se ha observado la cantidad de energía solar que se puede obtener en nuestro país, una instalación fotovoltaica generalmente producirá la energía esperada, simplemente es necesaria una buena gestión de la comunidad energética para su correcto funcionamiento.

Desde una perspectiva general se puede decir que las comunidades energéticas se implementarán cada vez más durante los próximos años, tanto en España como otros territorios. Como se comentó al comienzo del trabajo, la transición energética está a la orden del día para los gobiernos, y este tipo de proyectos ayudan a promover este cambio. Los gobiernos cada vez ofrecerán más ayuda, además de los beneficios que obtienen tanto nuestro medio ambiente, como los participantes de las comunidades energéticas.

Como conclusión final se puede afirmar que los proyectos de comunidades energéticas, bien diseñados y con una buena gestión, pueden ser muy rentables para sus participantes. Aunque es probable que en los próximos años con el desarrollo de comunidades energéticas y estas estén bien definidas, los proyectos serán más fáciles de llevar a cabo y más rentables.

8.2 Recomendaciones para otros posibles proyectos

La primera recomendación para otro proyecto de comunidades energéticas sería no lanzarse directamente a la parte técnica. En este trabajo se intentó analizar a fondo en un primer momento el aspecto técnico, el cual es importante, pero en este tipo de proyectos resulta más interesante y complejo la organización o legislación.

Con respecto a los proyectos de comunidades energéticas es importante hacer entender a los participantes que aunque se haya de realizar una inversión, estas instalaciones les brindarán muchos beneficios. Además, para el correcto funcionamiento se debe asegurar una buena relación entre los distintos participantes, pues la gestión es uno de los aspectos más importantes.

9. Bibliografía

1. EpData [Internet]. [citado 2 de junio de 2023]. Evolución de las emisiones de CO2 en el mundo. Disponible en: <https://www.epdata.es/evolucion-emisiones-co2-mundo/8a003cc7-fe0b-4740-82e7-5aba738b8c09>

2. Fariza I. El País. 2023 [citado 2 de junio de 2023]. España alcanzará este año el 50% de generación renovable, según Red Eléctrica. Disponible en: <https://elpais.com/economia/2023-03-23/espana-alcanzara-este-ano-el-50-de-generacion-renovable-segun-red-electrica.html>
3. Informe del sistema eléctrico | Informes del sistema [Internet]. [citado 2 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico>
4. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 [Internet]. [citado 2 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>
5. <https://www.facebook.com/France24.Espanol>. France 24. 2022 [citado 2 de junio de 2023]. UE presenta plan por 210.000 millones de euros para acelerar las energías renovables. Disponible en: <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20220518-la-ue-busca-acelerar-las-energ%C3%ADas-renovables-para-liberarse-de-la-dependencia-de-rusia>
6. CASOS DE ÉXITO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS [Internet]. [citado 2 de junio de 2023]. Disponible en: <https://solarmente.es/blog/casos-de-exito-de-comunidades-energeticas>
7. Se publican los indicadores de pobreza energética correspondientes al año 2021 [Internet]. [citado 6 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/se-publican-los-indicadores-de-pobreza-energ%C3%A9tica-correspondientes-al-a%C3%B1o-2021/tcm:30-549833>
8. La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL [Internet]. [citado 6 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
9. IEA [Internet]. [citado 6 de junio de 2023]. IEA – International Energy Agency. Disponible en: <https://www.iea.org>
10. Comunidades Energéticas | Idae [Internet]. [citado 6 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>
11. Qué es una Comunidad Energética - Red de Comunidades Energéticas S.Coop. [Internet]. 2020 [citado 9 de junio de 2023]. Disponible en: <https://comunidadesenergeticas.org/ques-comunidad-energetica/>
12. Tu blog de Autoconsumo fotovoltaico y energía renovable [Internet]. 2023 [citado 3 de julio de 2023]. Comunidad de Energías Renovables o Comunidad Ciudadana de Energía. Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/comunidad-energias-renovables-comunidad-ciudadana-energia/>
13. MPPTSOLAR [Internet]. [citado 12 de junio de 2023]. Cómo Funciona un Inversor: Esquema y Funcionamiento. Disponible en: <https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>

14. Sistema solar ON GRID (inyección a la red) – ENERGIA SOLAR SURYA [Internet]. 2021 [citado 26 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.energiasolarsurya.com/sistemas-de-energia-solar/sistema-solar-on-grid-inyeccion-a-la-red/>
15. Generación distribuida: qué es y cómo funciona| Eligenio [Internet]. [citado 8 de julio de 2023]. Disponible en: <https://eligenio.com/es/blog/generacion-distribuida-que-es/>
16. Redacción. Cómo financiar una comunidad energética - R2M [Internet]. R2M Solution Spain. 2022 [citado 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.r2msolution.es/como-financiar-una-comunidad-energetica/>
17. DIRECTIVA (UE) 2019/ 944 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 5 de junio de 2019 - sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/ 27/ UE.
18. DIRECTIVA (UE) 2018/ 2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 11 de diciembre de 2018 - relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
19. Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
20. Blog de Cuch-Aguilera [Internet]. 2022 [citado 13 de julio de 2023]. ¿Cómo constituir una Comunidad Energética? Disponible en: <https://elblogdecuchaguilera.com/administracion-electronica/como-constituir-una-comunidad-energetica/>
21. ElectryConsulting. Autoconsumo: ¿Con o sin excedentes? | ElectryConsulting [Internet]. 2021 [citado 13 de julio de 2023]. Disponible en: <https://electryconsulting.com/blog/autoconsumo-excedentes/>
22. Selectra [Internet]. [citado 13 de julio de 2023]. Tarifas de compensación de excedentes para placas solares. Disponible en: <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas>
23. Rubioc A. Solarfam. 2021 [citado 13 de julio de 2023]. Beneficios del autoconsumo industrial con excedentes. Disponible en: <https://solarfam.com/beneficios-del-autoconsumo-industrial-con-excedentes-con-y-sin-compensacion/>

10. Anexos

Anexo 1

MÓDULO SOLAR HYUNDAI

VG SERIES

PERC Shingled

HiE-S395VG HiE-S400VG HiE-S405VG
HiE-S410VG HiE-S415VG



Tecnología
Shingled



Se usa en aplicaciones
residenciales y comerciales



Más generación de
energía con poca luz



M6 PERC Shingled

La tecnología M6 PERC Shingled garantiza una eficiencia ultra alta con un rendimiento superior en condiciones de baja irradiación. Maximiza la capacidad de instalación en espacios reducidos.



Contra la degradación luminosa inducida y la degradación potencial inducida

La degradación luminosa inducida y la degradación potencial inducida se eliminan de forma estricta para garantizar un mayor rendimiento real durante la vida útil.



Resistencia mecánica

El vidrio templado y el diseño del marco reforzado soportan condiciones climáticas rigurosas, dígame nieve intensa y viento fuerte.



Garantía confiable

Marca internacional con poderosa solidez financiera y garantías confiables de 25 años. (Solo Australia y Europe)



Resistente a la corrosión

Fueron exitosas varias pruebas realizadas en condiciones ambientales adversas, como amoníaco y niebla salina.



Laboratorios de pruebas UL / VDE

El centro de I+D de Hyundai es un laboratorio de pruebas acreditado por UL y VDE.

Términos de la garantía de Hyundai

25
AÑOS

Garantía del producto de 25 años
• Sobre materiales y mano de obra
Solo en Australia y Europa

25
AÑOS

Garantía de rendimiento de 25 años
• Primer año: 98,0%
• Garantía lineal después del segundo año: con un 0,55 % p de degradación anual. Se garantiza un 84,8 % durante 25 años

Acerca de Hyundai Energy Solutions

Fundado en 1972, Hyundai Heavy Industries Group es uno de los nombres más confiables en el sector de la industria pesada y es una de las empresas de Fortune 500. Como líder mundial e innovador, la industria pesada de Hyundai está comprometida con la construcción del crecimiento futuro mediante el desarrollo e inversión en el campo de las energías renovables.

Como entidad comercial energética principal de HHI, Hyundai Energy Solutions se enorgullece de ofrecer productos fotovoltaicos de alta calidad a más de 3000 clientes en todo el mundo.

Certificación



HYUNDAI
ENERGY SOLUTIONS

Características eléctricas

		Módulo monocristalino (HiE-S__VG)				
		395	400	405	410	415
Salida nominal (Pmpp)	W	395	400	405	410	415
Voltaje de circuito abierto (Voc)	V	46,3	46,4	46,5	46,6	46,7
Corriente de cortocircuito (Isc)	A	10,92	10,97	11,02	11,07	11,12
Voltaje en Pmax (Vmpp)	V	38,5	38,6	38,7	38,8	38,9
Corriente en Pmax (Impp)	A	10,26	10,36	10,47	10,57	10,67
Eficiencia del módulo	%	20,2	20,4	20,7	20,9	21,2
Tipo de célula	-	Paneles Shingled de silicio monocristalino PERC				
Voltaje máximo del sistema	V	1.500				
Coefficiente de temperatura de Pmax	%/°C	-0,34				
Coefficiente de temperatura de Voc	%/°C	-0,27				
Coefficiente de temperatura de Isc	%/°C	0,04				

*Toda la fecha en STC (condiciones de prueba estándar). Los datos anteriores pueden cambiar sin previo aviso.

*Tolerancia de Pmax: 0~+5W.

*Desviación de rendimiento de Voc[V], Isc [A], Vm [V] y Im[A]: ±3%.

Características mecánicas

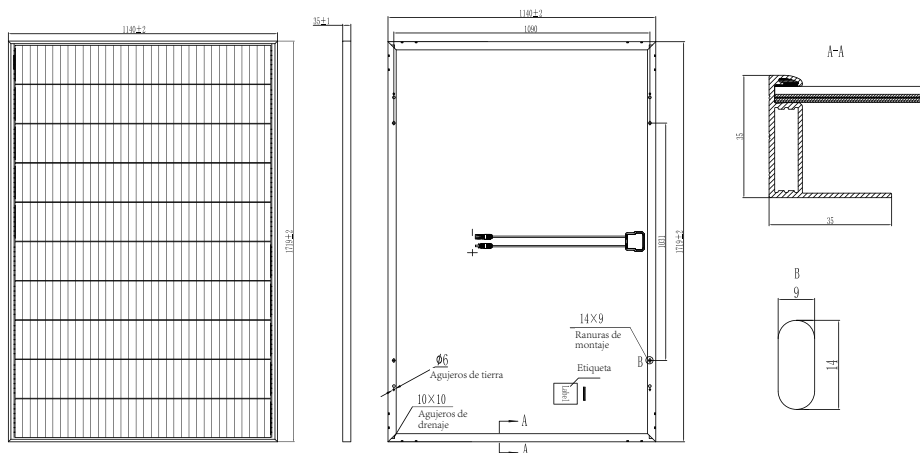
Dimensiones	1.719 × 1.140 × 35mm (L × W × H)		
Peso	22kg		
Células solares	340 Celdas, PERC Mono-cristalinas solapado (166 × 166mm)		
Cables de salida	Largo 1.500mm, 1×4mm ²	Conector	Stäubli: MC4-Evo2
Caja de conexiones	Corriente nominal: 20A, IP67, TUV&UL		
Construcción	Vidrio frontal: Vidrio de seguridad templado color blanco, 3,2 mm Encapsulamiento: EVA (etileno-acetato de vinilo)		
Estructura	Aluminio anodizado		

Guía de seguridad para la instalación

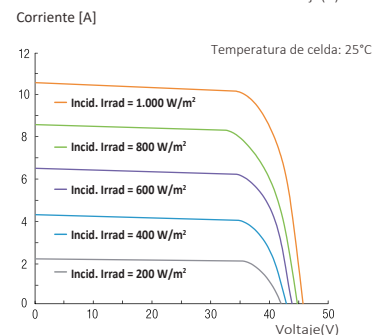
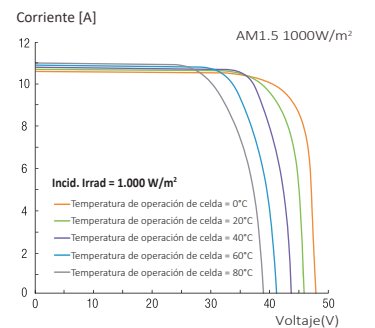
- Solo técnicos calificados deben realizar la instalación y mantenimiento.
- Tenga cuidado con el alto voltaje de CC, ya que puede ser peligroso.
- No dañe ni raye la superficie trasera del módulo.
- No manipule ni instale módulos cuando estos estén húmedos.

Temperatura nominal de la célula de funcionamiento	42,3°C(±2°C)
Temperatura de funcionamiento	-40 ~ 85°C
Voltaje máximo del sistema	CC 1.500 / 1.000 (IEC)
Corriente inversa máxima	20A
Máximo Capacidad de carga superficial	Frontal 5.400 Pa Trasero 2.400 Pa

Diagrama del módulo (Unidad: mm)



Curvas I-V



Fabricado en China

HYUNDAI
ENERGY SOLUTIONS



Ventas y Comercialización
sales@hyundai-es.co.kr

Fecha impresa: 05/2022

Anexo 2

Smart PV Controller



Active Safety

AI Powered Arcing Protection



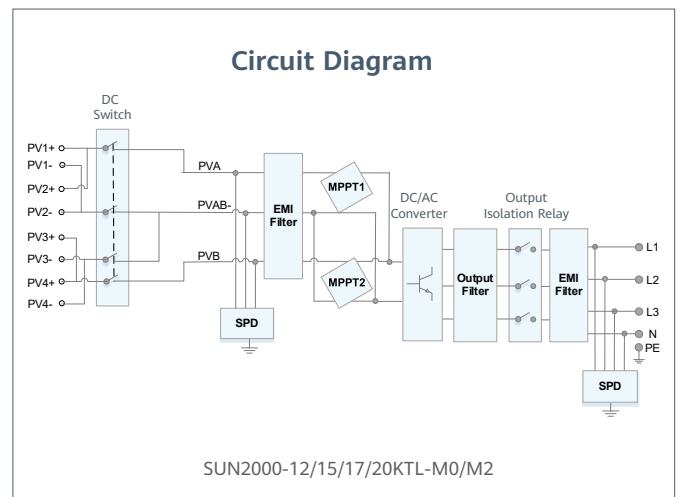
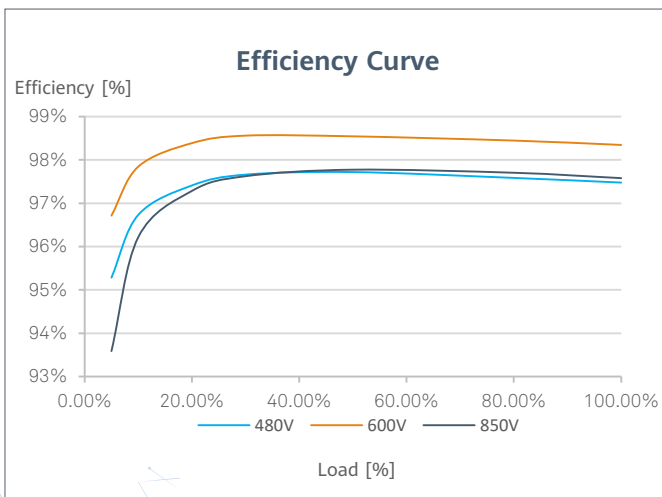
Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer ¹



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



¹ Only applicable to SUN2000-12/15/17/20KTL-M2 inverter.

SUN2000-12/15/17/20KTL-M2 Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M2	SUN2000 -15KTL-M2	SUN2000 -17KTL-M2	SUN2000 -20KTL-M2
-------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Efficiency

Max. efficiency	98.50%	98.65%	98.65%	98.65%
European weighted efficiency	98.00%	98.30%	98.30%	98.30%

Input

Recommended max. PV power ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp
Max. input voltage ²	1,080 V			
Operating voltage range ³	160 V ~ 950 V			
Start-up voltage	200 V			
Rated input voltage	600 V			
Max. input current per MPPT	22 A			
Max. short-circuit current	30 A			
Number of MPP trackers	2			
Max. input number per MPP tracker	2			

Output

	Three phase			
Grid connection	Three phase			
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W
Max. apparent power	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE			
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz			
Max. output current	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging			
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %			

Features & Protections

Input-side disconnection device	Yes
Anti-islanding protection	Yes
AC over-current protection	Yes
AC short-circuit protection	Yes
AC over-voltage protection	Yes
DC reverse-polarity protection	Yes
DC surge protection	TYPE II
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11
Residual current monitoring unit	Yes
Arc fault protection	Yes
Ripple receiver control	Yes
Integrated PID recovery ⁴	Yes

General Data

Operation temperature range	-25 ~ +60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Relative humidity	0 % RH ~ 100% RH
Max. operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Cooling	Natural Convection
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Weight (with mounting plate)	25 kg
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	525 x 470 x 262 mm (20.7 x 18.5 x 10.3 inch)
Degree of protection	IP65
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W ⁵

Optimizer Compatibility

DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P
------------------------------	----------------

Standard Compliance (more available upon request)

Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Grid connection standards	G98, G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777.2, C10/11, ABNT, VFR 2019, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, IEC61727, IEC62116, DEWA

¹ Inverter max input PV power is 40,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

² The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

³ Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

⁴ SUN2000-12~20KTL-M2 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly)

⁵ <10 W when PID recovery function is activated.