



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

El autoconsumo de energía solar y comunidades energéticas como herramientas de lucha contra la Pobreza Energética y empoderamiento de la ciudadanía en el cambio de modelo energético.

Self-consumption of solar energy and energy communities as tools to fight energy poverty and empowerment of citizens in the change of energy model.

Autor

Marcos Boj Pérez

Director

Carlos Pesqué Castillo

Ponente

María Benita Murillo Esteban

Facultad / Escuela

Año Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza, 2021

El autoconsumo de energía solar y comunidades energéticas como herramientas de lucha contra la Pobreza Energética y empoderamiento de la ciudadanía en la participación en el modelo energético.

RESUMEN

En 2019 hubo en España entre 3,1 y 7,8 millones de ciudadanos que, según el indicador utilizado, se encontraron en situación de Pobreza Energética [1] y, tras el 2020 y el Covid-19 esta cifra se ha visto incrementada. A menudo estas personas tienen que recurrir a ayudas de urgencia para poder hacer frente al pago de sus facturas.

El Ayuntamiento de Zaragoza concedió durante 2019 2.578 ayudas de urgencia para el pago de facturas de electricidad, por un importe total de 404.073 € (Acubierre, 2021), otras muchas solicitudes no pudieron ser concedidas. Supone por lo tanto un problema que requiere una urgente solución.

En el mismo año se publica el Real Decreto 244/2019[3], que supone una transformación del sector energético, un cambio de modelo. Partiendo del modelo tradicional, unidireccional, rígido, ineficiente y contaminante, se está abriendo paso a un modelo flexible, distribuido, con un papel activo de la ciudadanía, y sobre todo, sostenible y renovable.

El RD 244/2019 facilita nuevas modalidades de autoconsumo mediante energía fotovoltaica no posibles hasta entonces, aparecían por primera vez, las instalaciones de autoconsumo colectivo. Este modelo facilitaría la posibilidad al 65% [4] de la población española que vive en edificios de viviendas y que, por lo tanto, no tiene la posibilidad de autoconsumir energía solar. Entre ese porcentaje se encuentran gran parte de los millones de personas que sufren de Pobreza Energética.

En este contexto nace la idea de dar solución al problema a través de la energía autoconsumida y limpia. Transformar el gasto social de ayudas de urgencia en Zaragoza en una inversión en forma de instalación fotovoltaica, beneficiando tanto a impulsores como beneficiarios.

Palabras clave: Pobreza Energética, autoconsumo colectivo, comunidades energéticas, ODS.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS	4
1.2 METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA	5
1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	6
2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS CAMPOS A ABORDAR.....	8
2.1 POBREZA ENERGÉTICA.....	8
2.2 EL CAMBIO DE MODELO ENERGÉTICO.....	9
2.3 EL AUTOCONSUMO COLECTIVO.....	9
2.4 LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS LOCALES	11
2.5 ENERGÍA SOLAR	11
2.6 EFECTO FOTOVOLTAICO	12
2.7 ECODES	13
3. ANÁLISIS DE BUENAS PRÁCTICAS.....	14
3.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS	14
3.2 FICHAS.....	15
4. PROPUESTA DE INSTALACIÓN EN ZARAGOZA	23
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA	36
7. ANEXO 1: SKETCHUP	40
8. ANEXO 1: PVGIS.....	43
9. ANEXO 3: OTRAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS.....	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

La Pobreza Energética es una realidad en nuestra sociedad, que afecta a entre el 6,6 y 16,7 % de la población en función del indicador usado para medirla [1] [2]. Esto significa que entre 3,1 y 7,8 millones de personas sufren de este problema. Provocando, entre otros, problemas de salud, especialmente en ancianos/as y niños/as, al no poder mantener su vivienda a una temperatura adecuada. Además, afecta a su economía doméstica, por tener que destinar una cantidad elevada de sus ingresos al pago de las facturas de energía, teniendo que detraerlo de otras necesidades básicas, como puede ser la alimentación.

Dada la magnitud del problema, es necesario estudiarlo de forma cualitativa y cuantitativa y aportar soluciones para combatirlo en todos los campos posibles. En este trabajo nos centraremos en el efecto sobre el coste de la energía que puede tener la incorporación de la solar fotovoltaica en la cubierta de un edificio público. Este proceso se potenció en España con la aprobación del Real Decreto 244/2019 de autoconsumo fotovoltaico [3].

Para el estudio de la problemática se ha contado con la colaboración de la Fundación Ecología y Desarrollo, ECODES [13], desde la cual se ha transmitido la necesidad de un cambio en el modelo, aportando multitud de datos con los que la fundación lleva trabajando durante años en la lucha contra la Pobreza Energética. La propuesta inicial del trabajo fin de grado vino de su parte, esta se ha ido perfilando con su desarrollo, pero su objetivo siempre ha sido el mismo: llevar las energías limpias, en este caso la fotovoltaica, a personas vulnerables. El trabajo principal realizado por la Fundación ha sido guiar en la propuesta de instalación en Zaragoza, ya que ellos a día de hoy están desarrollando una similar, Barrio Solar. Esta consiste en una comunidad energética local de: vecinos, vecinas y comercios, en el barrio del Actur, donde cada uno de estos alquilara una participación de la futura instalación fotovoltaica que se situara en la cubierta del edificio siglo XXI, además se otorgaran otras participaciones de forma gratuita a personas del barrio en situación de vulnerabilidad.

Siendo la meta principal del proyecto, contribuir a actuar contra la pobreza energética en un ámbito local, como puede ser un barrio desfavorecido en una gran ciudad como Zaragoza, mediante la propuesta de un proyecto de autoconsumo colectivo, plantear una posible solución al gran problema que supone la Pobreza Energética en España.

Para la consecución del mismo lo dividiremos en dos objetivos más concretos, que nos ayudaran a conocer y profundizar en una mejor propuesta. Serán los siguientes:

- Realizar un análisis de buenas prácticas en España y otros países en el campo de las comunidades energéticas y autoconsumo colectivo, que sirvan como estudio de mercado y ayuden al desarrollo de la planteada a posteriori.
- Realizar un estudio de viabilidad dirigido a la administración pública de un proyecto de autoconsumo colectivo para personas vulnerables, específicamente en el barrio de la Magdalena de Zaragoza. Y utilizarlo como herramienta para ayudar a cubrir sus necesidades básicas de energía, teniendo en cuenta los beneficios socioeconómicos para los diferentes actores.

Por supuesto, trabajando en estos objetivos, también luchamos por el propósito de la Agenda 2030, concretamente se trabajará en pequeñas metas de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible, ODS [5]:

- Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países.
- Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.



Fig 1. Objetivos de desarrollo sostenible 1, 7, 10,11 y 13.

1.2 METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA

En cuanto a la metodología planteada para el proyecto se diferenciarán varias formas de trabajar, que dependerán de cuál de los dos objetivos estemos trabajando.

En primer lugar, aunque no se haya incluido como objetivo principal del proyecto, también necesario para la comprensión del mismo, se trabajará por conseguir una contextualización en torno al del problema de manera concisa. Las tareas principales en este caso serán:

- Búsqueda de información de cada uno de los temas a través de Internet, consultando fuentes que resulten fiables y útiles, también a través de diferentes redes en las que participa la Fundación Ecología y Desarrollo tanto a nivel nacional como internacional.
- Resumir dicha información para que resulte clara y concreta al lector.
- Ordenarla de manera diáfana captando el interés del receptor.

Para el primer objetivo planteado, análisis de buenas prácticas, el método a seguir será similar al anterior. Las tareas a realizar serán:

- Revisión bibliográfica de iniciativas realizadas en España y otros países. Como herramientas de búsqueda, se hará de nuevo uso de diferentes redes en las que participa la Fundación Ecología y Desarrollo.
- Selección de buenas prácticas y análisis de la aplicabilidad de las mismas en Zaragoza.
- Creación de un modelo de infografía que resulte atractivo visualmente al lector y pueda ser útil a futuro para un repositorio ampliable.

Por último, para cumplir el objetivo de la propuesta de solución se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Elección del barrio de Zaragoza y posterior selección de la cubierta donde se planteará la hipótesis, con el estudio de impacto que esta pueda generar.
- Entrevista con personal de Servicios Sociales para la obtención de información sobre ayudas que se estén dando en la zona donde se planteara el proyecto.
- Realización de una simulación de la instalación mediante PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System (Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica), para calcular la posible energía que podría generar la misma.
- Estudio de la viabilidad del proyecto.
- Repercusión de lo que supondría un proyecto así a nivel ambiental y social en el barrio.

El cronograma del proyecto se muestra a continuación:

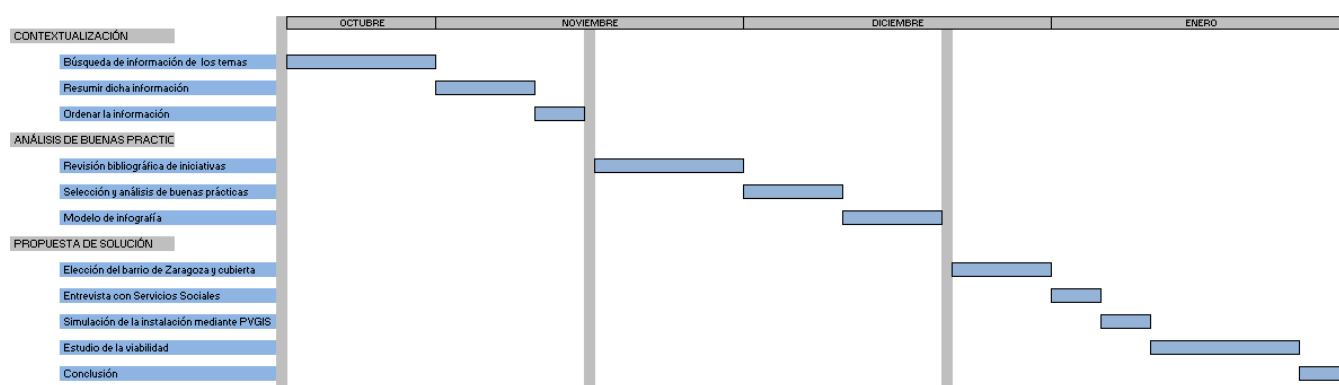


Fig 2. Cronograma TFG.

1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

En la presente memoria se describe el Trabajo fin de grado realizado a través de los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Contextualización:
 - Explicación de los campos próximos a la necesidad que ha motivado el proyecto. Incluyendo en éste el marco legal en el que trabajamos y la evolución de las tecnologías energéticas hasta día de hoy.
- Capítulo 2: Análisis de buenas prácticas:
 - Estudio de buenas prácticas que resultará inspirador para proponer la solución. Donde se analizarán una selección de comunidades energéticas para aprender de su función y alcance.
- Capítulo 3: Propuesta de instalación en Zaragoza:
 - Se planteará la solución dando las pertinentes explicaciones de cada una de las decisiones tomadas. Se tratará el presupuesto requerido y la rentabilidad del proyecto. Y, por último, se concluirá con los beneficios que aporta la solución.
- Capítulo 4:
 - Se realizara un resumen del trabajo realizado y las conclusiones que obtenemos de este.

- Bibliografía.
- Índice de figuras
- Anexos 1: SketchUp [24]:
 - Programa de modelado 3D donde se hará una pre-visualización de la instalación.
- Anexo 2: PVGIS [27]:
 - Photovoltaic Geographical Information System (Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica), herramienta donde se consultará la posible generación anual de la instalación por su localización.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS CAMPOS A ABORDAR

Para poder abordar el problema es necesario inicialmente, analizar el escenario en el que nos encontramos, poniendo en contexto todos los ámbitos imprescindibles para poder dar una solución que esté a la altura del problema.

2.1 POBREZA ENERGÉTICA

En primer lugar, se introduce el escenario y el problema que sufren a día de hoy millones de españoles, la Pobreza Energética. Para poder abordar este término, lo primero que hemos de hacer es definirlo. La definición que aporta el Ministerio para la Transición Ecológica en su “Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024” es la siguiente: *“La Pobreza Energética es la situación en la que se encuentra un hogar en el que no pueden ser satisfechas las necesidades básicas de suministros de energía, como consecuencia de un nivel de ingresos insuficiente y que, en su caso, puede verse agravada por disponer de una vivienda ineficiente en energía.”*[1]

La Pobreza Energética se puede manifestar de distintas formas. Siendo algunas:

- La incapacidad de mantener una temperatura adecuada en el hogar.
- El retraso en el pago de las facturas.
- El gasto energético excesivamente bajo.
- El gasto en suministros energéticos desproporcionado sobre los ingresos del hogar.

A la hora de parametrizar las situaciones de Pobreza Energética se suelen emplear los 4 indicadores principales oficiales del Observatorio Europeo contra la Pobreza Energética (EPOV)[2]:

- 1. Gasto desproporcionado (2M): porcentaje de hogares cuyo gasto energético en relación con sus ingresos es más del doble de la mediana nacional.
- 2. Pobreza Energética escondida (HEP): porcentaje de los hogares cuyo gasto energético absoluto es inferior a la mitad de la mediana nacional.
- 3. Incapacidad para mantener la vivienda a una temperatura adecuada: porcentaje de la población que no puede mantener su vivienda a una temperatura adecuada.
- 4. Retraso en el pago de las facturas: porcentaje de población que tiene retrasos en el pago de facturas de los suministros de la vivienda.

Como hemos mencionado anteriormente, según el Ministerio para la Transición Ecológica en su “Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024” entre 3,1 y 7,8 millones de personas se encuentran en situación de Pobreza Energética en España, con todos los problemas de salud y económicos que esto genera [1].

Una de las soluciones o ayudas que existen a día de hoy es el Bono Social, que consiste en un descuento en la factura eléctrica que se da a las personas que cumplen unos determinados requisitos. Algunos de estos son: renta anual, familia numerosa o cumplimiento de alguna

situación especial. Existen dos descuentos: uno del 25% para consumidores vulnerables y otro del 40% para consumidores vulnerables severos. Los requisitos para este último son más restrictivos. Esta ayuda se aplica sobre un máximo (este también depende de los requisitos) de energía consumida establecido, suponiendo en algunos casos un límite inferior a los consumos que hacen las familias.

Indicador primario	2016	2017	2018	2019
Gasto desproporcionado 2M ¹ (% hogares)	16,7	17,3	16,9	16,7
Pobreza energética escondida HEP ² (% hogares)	11,3	10,7	11,0	10,6
Temperatura inadecuada en la vivienda en invierno ³ (% población)	10,1	8,0	9,1	7,6
Retraso en pago de facturas de suministros de la vivienda ⁴ (% población)	7,8	7,4	7,2	6,6

Fig 3. Indicadores oficiales del EPOV y porcentaje de hogares que sufren dicha condición.

Como observamos en la figura anterior, el porcentaje de personas en 2019 ha bajado respecto a años anteriores, pero la cifra sigue siendo alarmante. La tendencia de los últimos años es prácticamente constante y siendo la energía un bien indispensable, se necesita un cambio en tendencia.

2.2 EL CAMBIO DE MODELO ENERGÉTICO

El cambio de tendencia puede ser una realidad. El sector energético está viviendo una fuerte transformación, un cambio de modelo. Partiendo del actual unidireccional, con un sujeto activo, como son las grandes centrales generadoras, y un sujeto pasivo, como son los consumidores. Un modelo rígido, ineficiente y contaminante dará paso a un modelo flexible, distribuido, con un papel activo de la ciudadanía y, sobre todo, un modelo sostenible y renovable. Este cambio de paradigma implica grandes variaciones y es fundamental que, en esta transición, no se deje a nadie atrás. En este nuevo modelo, la generación distribuida mediante energía fotovoltaica tendrá un papel fundamental, permitiendo penetrar en los núcleos urbanos, y generar la energía justo donde se consume con autoconsumo, reduciendo de este modo las pérdidas y favoreciendo un sistema distribuido.

En España, el 65% de la población vive en un piso [4], siendo uno de los países de Europa con más personas habitando en multi-vivienda vertical. Esta tipología de vivienda genera más barreras para la implantación de instalaciones fotovoltaicas que en otros países, donde el porcentaje de personas que viven en unifamiliares es mayoritario. Por lo tanto, hay que encontrar una nueva modalidad que pueda ser aplicable en España.

2.3 EL AUTOCONSUMO COLECTIVO

Ya nombrado en el apartado anterior, el término autoconsumo consiste en el uso de la energía generada por una instalación para el consumo propio. El desarrollo del autoconsumo garantiza a los consumidores el acceso a alternativas más baratas y respetuosas con los límites del

planeta, genera mayor independencia energética y permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre otras garantías [6].

El cambio ocurre cuando en 2019 se publica el RD 244/2019 que facilitaba nuevas modalidades de autoconsumo mediante energía fotovoltaica no posibles hasta entonces, aparecían por primera vez, las instalaciones de autoconsumo colectivo.

Este real decreto ofrece la posibilidad de autoconsumir energía de forma colectiva en un edificio, conectado a la red interna de este.

Este modelo abriría la posibilidad a ese 65% de la población que vive en bloques y que, por lo tanto, no tiene la posibilidad de autoconsumir energía solar, pero surgen algunas limitaciones importantes y difíciles de solventar. Por un lado, la existencia de espacio físico en la azotea, la cual, no ha sido diseñada para albergar este tipo de instalaciones. También existen otras barreras, como poner de acuerdo a los vecinos, que la orientación sea adecuada o que no haya otros edificios haciendo sombra. Unidas a estas limitaciones técnicas está la de la inversión a realizar, teniendo en cuenta que un 23,9% de las familias que viven en España están en régimen de alquiler o de cesión gratuita [39], gran parte de ese porcentaje en pisos, y sin ser los propietarios de la vivienda, no parece probable que vayan a invertir en una instalación de autoconsumo para su edificio.

Pero este Real Decreto ofrece varias formas de conectar las instalaciones de generación [3]:

- Instalaciones próximas en red interior, cuando se conecten en la red interior de los consumidores, donde aparecen los problemas vecinales anteriormente comentados.
- Instalaciones próximas a través de red, cuando se conecten a las redes de baja tensión que dependan del mismo centro de transformación, o se conecten a menos de 500 metros del consumidor, o estén ubicadas en la misma referencia catastral que el consumidor.

Además, introduce un mecanismo de compensación simplificada que permitirá a los consumidores reducir su factura eléctrica, compensando sus excedentes de la energía producida y no autoconsumida. Relativo a esto existen dos modalidades de autoconsumo:

- SIN excedentes: Cuando existen sistemas antivertido que impiden la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o distribución. En estas instalaciones el desarrollo tecnológico se alía con el progreso comercial del almacenamiento con baterías, que permite una mejor gestión de los picos de demanda mientras reduce la presión sobre las redes de distribución. En este caso existe un único tipo de sujeto: el consumidor.
- CON excedentes: Cuando las instalaciones de generación pueden, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos existen dos tipos de sujetos: consumidor y productor. Las instalaciones con excedentes podrán ser:
 - CON excedentes ACOGIDAS a compensación y
 - CON excedentes NO ACOGIDAS a compensación

Con cualquiera de las modalidades, las instalaciones de autoconsumo ofrecen a los consumidores interesantes ahorros en su factura eléctrica, además de dar luz al posible cambio de modelo.

2.4 LAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS LOCALES

El cambio siempre será más fácil si se unen las personas en un proyecto común y es así como aparece una nueva figura en el escenario de la transición energética, las comunidades energéticas locales. Como describen desde el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [7], el papel de estas comunidades reside en facilitar la participación proactiva de amplios sectores de la sociedad sobre la cadena de valor de la energía, siempre desde una posición local en cuanto al territorio donde operan, y en cuanto al beneficio socio-económico que generan. El objetivo social principal será ofrecer beneficios energéticos, de los que se deriven también los medioambientales, económicos o sociales a sus miembros o a la localidad en la que desarrolla su actividad, más que generar una rentabilidad financiera.

Las actividades a desarrollar serán, entre otras: la generación de energía principalmente procedente de fuentes renovables, la distribución, el suministro, el consumo, la agregación, el almacenamiento de energía, la prestación de servicios de eficiencia energética, la prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos o de otros servicios energéticos.

A pesar de no estar todavía definida jurídicamente en España esta figura, son ya numerosas las iniciativas que están surgiendo, principalmente en el medio rural bajo esta definición. Su impulso, apoyado en una legislación clara y definida, puede ser fundamental en los próximos años, como ya lo está siendo en otros países donde está ya contemplada. La última de las definiciones tratadas por la UE para Comunidades Energéticas Locales es la siguiente:

- “Comunidad de energías renovables”: *una entidad jurídica: a) que, con arreglo al Derecho nacional aplicable, se base en la participación abierta y voluntaria, sea autónoma y esté efectivamente controlada por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dicha entidad jurídica y que esta haya desarrollado; b) cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios; c) cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde opera, en lugar de ganancias financieras.”*

2.5 ENERGÍA SOLAR

También es importante contextualizar el campo técnico en el que vamos a trabajar: las energías renovables, en concreto a la energía solar. La energía producida por el Sol representa casi la totalidad de la energía disponible en nuestro planeta. Esta energía se origina como consecuencia de las reacciones de fusión nuclear que ocurren en el Sol mediante las cuales el hidrógeno se transforma en helio.

De la gran cantidad de radiación electromagnética que emite el Sol, a nuestro planeta solo llega una pequeña parte de este espectro electromagnético. La atmósfera terrestre actúa como un impermeable frente a la mayor parte de energía solar que incide en la Tierra.

Del total de la energía solar que llega a la capa exterior atmosférica, menos de un 50% alcanza la superficie terrestre. Esta pérdida energética se debe principalmente a dos procesos que ocurren en la atmósfera: la refracción y la absorción, que convierten la radiación solar en

otro tipo de energía, el calor. La radiación solar que podemos captar en la superficie terrestre, también llamada irradiancia, se puede dividir en tres tipos en función de su trayectoria: la difusa depende de las condiciones ambientales, especialmente de la nubosidad; la reflejada depende del porcentaje de albedo presente en la zona, el cual cuantifica la cantidad de elementos capaces de reflejar las ondas y, por último, la radiación directa, que es la más interesante, y que depende de los siguientes factores solares [8] [9] [10]:

- Ángulo de declinación (δ): Es el ángulo que forman los rayos procedentes del Sol con el plano ecuatorial terrestre.
- Acimut solar (γ): Es el ángulo medido en el plano horizontal formado por el Sol y la dirección sur, en el caso de encontrarnos en hemisferio norte. En el hemisferio sur la referencia se toma con la dirección norte.
- Elevación solar (α): Es el ángulo medido en el plano vertical formado por los rayos del Sol con respecto a la horizontal.

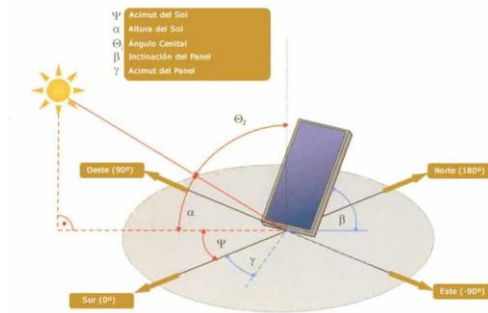


Fig 4. Ángulos de interés para Energía Solar [10].

Teniendo en cuenta todos estos factores se trabaja a día de hoy para conseguir el máximo aprovechamiento a través del efecto fotovoltaico, para la generación de energía limpia.

2.6 EFECTO FOTOVOLTAICO

La energía solar por efecto fotovoltaico es una fuente de generación de origen renovable que se produce por transformación directa de la radiación solar en electricidad a través de paneles fotovoltaicos, en los que esta excita los electrones de un dispositivo semiconductor, lo que produce una diferencia de potencial. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio, el cual dispone de cuatro electrones en su última capa (capa de valencia) a nivel atómico. El principio básico de funcionamiento de una célula fotovoltaica es forzar tanto a los electrones excitados como a los huecos formados a desplazarse hacia los lados opuestos del material en lugar de simplemente recombinarse en él. De esta forma se produce una diferencia de potencial entre los dos extremos del cristal la cual da lugar a una corriente eléctrica [11].

Una de las principales características de la tecnología fotovoltaica es su versatilidad modular, que permite la puesta en marcha de grandes plantas en el suelo hasta pequeños paneles para

viviendas. Además, el coste de fabricación de los paneles solares se ha desplomado en la última década, lo que los hace no sólo asequibles, sino que a menudo son la forma más barata de electricidad. Estos paneles tienen una vida útil de aproximadamente 25-30 años.

En España, 2019 fue el mejor año de la historia para la energía fotovoltaica. Se estableció un nuevo récord de capacidad instalada tanto en plantas en suelo, con 4.201 MW de nueva capacidad, como en autoconsumo, con 459 MW. Como resultado, España fue el mercado líder a nivel europeo y el sexto a nivel mundial. Fue la primera vez desde 2008 en la que nuestro país se situó como líder del mercado fotovoltaico europeo. Si tenemos en cuenta los primeros datos publicados sobre la generación en 2020, la generación anual de energía solar fotovoltaica representó el 6,1% del mix energético total, frente al 3,5% que representó en 2019[12].

2.7 ECODES

Para finalizar la contextualización también es importante introducir al colaborador., Fundación Ecología y Desarrollo, ECODES [13], es una organización independiente sin ánimo de lucro, cuya misión es: desarrollar, gestionar y promover proyectos de desarrollo sostenible y responsabilidad social corporativa en España y Latinoamérica. La organización desarrolla iniciativas de investigación sobre sostenibilidad y responsabilidad social, demostrando cómo los cambios en las acciones y el comportamiento pueden conducir a cambios ambientales y sociales significativos.

Relativo al proyecto, ECODES lleva trabajando años en la lucha contra la Pobreza Energética y desarrollando multitud de proyectos para combatirla. Uno de estos, Ni Un Hogar Sin Energía [14], lleva desarrollándose desde 2013 y ha conseguido ayudar a más de 8000 familias a través de: diagnósticos energéticos, kits de material de eficiencia energética, rehabilitaciones de viviendas y ayuda en la gestión del Bono Social.

También, como se ha comentado en apartados anteriores, uno de los proyectos que desarrollan a día de hoy es Barrio Solar, este consistirá en una instalación ubicada en la cubierta del edificio Siglo XXI donde sus participantes: vecinos, vecinas y comercios del barrio, alquilarán una participación de la instalación creando una comunidad energética local de autoconsumo colectivo con energía fotovoltaica. Por ello ha resultado un gran colaborador, que aparte de proponer la idea del proyecto, ha guiado en la propuesta de la instalación.

3. ANÁLISIS DE BUENAS PRÁCTICAS

En este capítulo se analizará una serie de buenas prácticas, que se están desarrollando en todo el mundo, relativas a comunidades energéticas con energía solar. Este análisis consistirá en una clasificación de algunos apartados, que resultaran importantes para la posterior propuesta, estos se explican a continuación.

3.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS

Una vez estudiado el contexto en el que se va a desarrollar el trabajo, es importante conocer las ideas de otros.

Para llevar a cabo la meta final del proyecto en Zaragoza es necesario estudiar en primer lugar las buenas prácticas que se están desarrollando en el resto del mundo.

Este análisis se hizo de manera global, tratando de analizar casos en los distintos continentes, pero fijándonos más en los próximos, ya que por cuestiones de legalidad y clima serán los más factibles.

En esta búsqueda de buenas prácticas se han desestimado los proyectos que se están realizando en países en vías de desarrollo que trabajan con energías renovables. Aunque en algunos casos se trate de un autoconsumo con personas en situación de Pobreza Energética, estos no son replicables en la ciudad de Zaragoza, ya que se parte de un escenario más favorable. Aun cuando estas resultan iguales o más importantes para el empoderamiento de las personas en el modelo energético, como algunos proyectos de los proyectos GEO, (desarrollados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, su labor consiste en coordinar actividades ambientales [15], ayudando a los países en desarrollo y aplicar políticas y prácticas ecológicamente racionales) la búsqueda se centra en el análisis de comunidades energéticas locales que puedan ser inspiradoras y replicables para la propuesta.

En cuanto al estudio a realizar, se analizarán los siguientes campos de cada uno de los proyectos:

- Nombre del proyecto.
- Ubicación del proyecto, acompañado de su localización en el mapa del país correspondiente.
- Página web de la cual se ha obtenido la información.
- Imagen del proyecto, que se acompañará de una foto de la instalación en el caso de que ya se trate de un proyecto en vida, y en el caso de no ser así se usará una imagen del municipio donde se va a llevar a cabo.
- Tipo de energía renovable utilizada en el proyecto, se tratará que en todos los casos sea Energía Solar ya que es el fin del proyecto.
- Participación de personas vulnerables, se estudiará si en el proyecto a analizar tienen cabida las personas en situación de Pobreza Energética. Es otro de los puntos importantes del análisis ya que es uno de los objetivos del proyecto.
- Beneficiarios de la energía producida por la instalación.

- Impulsores de la iniciativa, dividiéndolos en 4 categorías: administraciones públicas, empresas, ONGs y ciudadanía.
- Explicación, se trataba de hacer una breve descripción del proyecto.
- Replicabilidad en Zaragoza, se analizará el grado de replicabilidad del proyecto en Zaragoza, a través de un sistema de estrellas. Significando 5 estrellas la máxima puntuación. Acompañado de una breve explicación de la valoración.

La búsqueda de estas se ha hecho vía internet en su mayoría, leyendo y comparando para ver cuál de las comunidades energéticas en desarrollo podía resultar de más interés. Algunas de estas se han seleccionado con la colaboración de ECODES, ya que ellos ya habían investigado anteriormente en este campo, pero la búsqueda de información y posterior análisis en forma de ficha se ha realizado íntegramente por el estudiante.

En total se hizo un estudio de aproximadamente 20 ejemplos de los cuales se han seleccionado 7 para explicar, intentando que resultaran interesantes para el trabajo, pero también mostrando distintas modalidades que no se asemejaban tanto a la propuesta final. El resto que no se han incluido en la memoria forman parte del tercer Anexo.

Previo al visionado de las fichas, resulta de interés nombrar que todas ellas son de tipo de energía solar y que 5 de las 7 incluyen a personas en situación de vulnerabilidad energética. En cuanto al grado de replicabilidad en Zaragoza se valoran cuestiones logísticas de la instalación, impulsores y beneficiarios de la misma, dando mayor valoración a aquellas que sean impulsadas por administraciones públicas, y sean dirigidas en su gran mayoría a personas que sufran de Pobreza Energética.

A continuación, se muestra el análisis con un modelo infográfico en forma de ficha de algunas de las comunidades energéticas que han resultado de mayor interés para el planteamiento del objetivo final del proyecto. Estas podrían formar parte de un repositorio ampliable con más ejemplos de buenas prácticas que se están llevando a cabo actualmente

3.2 FICHAS

Ordenadas por lejanía, en línea recta desde Zaragoza, las elegidas para estudio y su posterior ficha son las siguientes:

- NY-sun. Solar for all [16].
- Energy cities Križevci [17].
- Energy Cities Mouscron [18].
- Plymouth energy community [19].
- MoañaSolar [20].
- Comunidad energética de Monachil [21].
- Energía solar per a tothom [22].

A continuación las fichas:

NY- sun. Solar for all

Nombre del Proyecto:

NY- sun. Solar for all

Ubicación:

Nueva York, Estados Unidos

Web:

<https://cutt.ly/Sjl3Ryv>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas
elegibles

Impulsores:

Administración Pública

Empresas

ONGs

Ciudadanía



Explicación

Solar for All es un programa de asistencia con las facturas de servicios públicos del estado de Nueva York. El estado de Nueva York está financiando granjas solares para beneficiar a los propietarios e inquilinos que tal vez no puedan acceder a la energía solar. A través de Solar for All, los neoyorquinos que cumplan los requisitos necesarios (principalmente de renta) pueden obtener los beneficios de la energía limpia al tiempo que reducen sus costos de energía, además de crear empleos locales y ayudar al medio ambiente.

Los paneles solares se instalan en cubiertas públicas, no en techos individuales. Los residentes del área pueden suscribirse al proyecto solar comunitario y obtener créditos en su factura de servicios públicos por la energía limpia producida. La energía limpia generada se alimenta a la red eléctrica local. Unirse al programa es totalmente gratis, y se estima que a través de los créditos se reduzca en una media de 10 dólares mensuales la factura de la luz de cada familia.

Replicabilidad
en Zaragoza
★★★★★

→ Similar al propuesto en el objetivo del trabajo. Consistiría en que las entidades públicas de Zaragoza hicieran la inversión y gestión de las instalaciones, y que éstas pudieran ser aprovechadas por familias vulnerables que se encuentren en el área de la instalación.

Energy cities Križevci

Nombre del Proyecto:

Energy cities Križevci

Ubicación:

Križevci, Croacia

Web:

<https://cutt.ly/Rjzr26P>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas

Impulsores:

Administración Pública

Empresas

ONGs

Ciudadanía



Explicación

Se trata de una instalación fotovoltaica en edificio público con inversión colectiva. En 2018, el municipio de Križevci inició el primer proyecto piloto de Croacia de inversión colectiva de una planta fotovoltaica en la azotea del edificio administrativo del Centro de Desarrollo y Parque Tecnológico. El municipio de Križevci proporcionó servicios administrativos y financieros en la fase de preparación; la Cooperativa de Energía Verde ZEZ proporcionó el equipo solar alquilado a la ciudad por 10 años; el Regional Energy Agency North desarrolló un análisis de rentabilidad y la documentación general del diseño; Solvis, un productor de módulos fotovoltaicos de Croacia, instaló la planta fotovoltaica en la azotea. La financiación de las plantas fotovoltaicas se hizo a través de varias campañas de recaudación de fondos, consiguiendo el dinero necesario para una dos plantas fotovoltaicas, que deberían ahorrar alrededor de 55 toneladas de CO2 cada año, gracias a la producción de alrededor de 50 000 kWh al año. La cooperativa es la que se ocupa de dinamizar la participación ciudadana en el proyecto a partir de la recolección de microcréditos. El municipio alquila las instalaciones a los ciudadanos inversores con un interés fijo del 4,5% durante 10 años, que es el tiempo estimado de retorno de la inversión. Una vez completado los 10 años la propiedad de las instalaciones pasan a ser del municipio.

Replicabilidad
en Zaragoza



Alta replicabilidad, ya que la cubierta ha sido cedida por la administración pública que la alquila a los ciudadanos inversores que quieran consumir energía limpia en el Municipio. El resto de gestiones podrían ser realizadas por cooperativas u otras organizaciones de Zaragoza

Energy cities Mouscron

Nombre del Proyecto:
Energy Cities Mouscron
Ubicación:
Mouscron, Bélgica
Web:
<https://cutt.ly/djztNHv>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas
Empresas

Impulsores:

Administración Pública
Empresas
ONGs
Ciudadanía



Explicación

Los impulsores del proyecto son los siguientes: la autoridad municipal posee una participación del 15%, mientras que un 55% lo poseen los ciudadanos y el 30% restante lo posee una cooperativa y empresa de inversión verde.

Las actividades de la cooperativa se centran en ayudar a los hogares a instalar energía solar fotovoltaica en sus azoteas y en la compra colectiva de instalaciones fotovoltaicas. Coopem elimina la barrera de los altos costes iniciales al adelantar el pago de las subvenciones solares del gobierno regional, que normalmente se otorgan durante un período de cinco años. También maneja todo el proceso técnico y administrativo. Esto implica, en particular, la compra conjunta de equipos a proveedores locales, así como el monitoreo y validación del proceso de instalación. En total, bajo el impulso de la cooperativa, ya se han realizado alrededor de 100 instalaciones en las viviendas de vecinos desde el comienzo del proyecto. Esto suma a 1.145 paneles fotovoltaicos instalados, produciendo unos 292 MWh. Cada ciudadano que participa en Coopem se beneficia de un dividendo del 6% y decide las acciones de la cooperativa a partir de una persona un voto.

Además, Coopem ofrece un plan de arrendamiento de paneles fotovoltaicos a empresas locales, financiando el 90% de la inversiones inicial que se amortizan en un período de diez años mediante la venta de certificados verdes.

Replicabilidad en Zaragoza



La barrera principal para la aplicación de esta iniciativa en Zaragoza con resultados exitosos es que una gran parte de la población reside en edificios de multivivienda vertical que dificulta la instalación de sistemas fotovoltaicos individuales, aun así se podría realizar en algunos barrios de Zaragoza que contienen este tipo de viviendas.

Plymouth energy community

Nombre del Proyecto:

Plymouth energy community

Ubicación:

Plymouth, Reino Unido

Web:

<https://plymouthenergycommunity.com/>



Análisis



Tipo de Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas

Impulsores:

Administración Pública

Empresas

ONGs

Ciudadanía



Explicación

El ayuntamiento de Plymouth, participó en la fundación de una comunidad de energía llamada "Plymouth Energy Community", con el objetivo inicial de brindar asesoramiento energético y soluciones de eficiencia a hogares vulnerables para hacer frente a la pobreza energética en la ciudad. La ciudad proporcionó un préstamo inicial, una subvención y ayudó a que la sociedad desarrollara un plan de negocio. En 2013, se lanzó la cooperativa y la ciudad transfirió el control total a una junta de dirección compuesta por voluntarios de la comunidad local. Desde los 100 miembros fundadores originales, la sociedad ha crecido hasta incluir alrededor de 1.200 personas y organizaciones. La sociedad está centrada, inicialmente, en brindar asesoramiento a los ciudadanos para cambiar de proveedor de energía y reducir su consumo. No obstante, los servicios se han ampliado para ofrecer soluciones asequibles o gratuitas de aislamiento de hogares. En 2014, "Plymouth Energy Community" creó una sociedad subsidiaria llamada PEC Renewables para financiar, construir y administrar instalaciones fotovoltaicas y de autoconsumo comunitario en la ciudad, entre otros en 21 escuelas, y un proyecto de 4 MW en suelo. En 2019 PEC Renewables produjo más de 6.000 MWh.

Replicabilidad en Zaragoza



- Asesoramiento energético, en Zaragoza ya existen proyectos para aconsejar a los vecinos y vecinas que lo necesiten, ya sea en situación de vulnerabilidad o no. Ejemplos: Puntos de Asesoramiento Energético o la Oficina de la Energía.
- Instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo, se podría crear una comunidad capaz de gestionar y financiar todos los gastos, y sus clientes pagarán a plazos la inversión inicial de la comunidad.

MoañaSolar

Nombre del Proyecto:

MoañaSolar

Ubicación:

Moaña, Pontevedra, España

Web:

<https://www.xn--moaasolar-n6a.org/>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas
Comercios

Impulsores:

Administración Pública

Empresas

ONGs

Ciudadanía



Explicación

MoañaSolar se encuentra en el proceso de búsqueda de nuevos socios, con la intención de sumar al mayor número posible de vecinos y empresas del municipio para poner en marcha la generación vecinal de energía eléctrica así como su distribución, almacenamiento. También plantean como impulsores empresas y el Ayuntamiento de Moaña, que mostró públicamente su apoyo a MoañaSolar.

Los cálculos iniciales de la instalación de los que parten consideran necesario lograr un centenar de instalaciones fotovoltaicas para aprovechar la energía solar a lo largo del 2021. Se instalarán en terrenos particulares de los vecinos y empresas que se asocien.

Los objetivos principales de la asociación y la futura comunidad energética son: abaratar la factura de la luz para el consumidor final, poner fin a las situaciones de pobreza energética para que ningún vecino pase frío en su casa por no poder pagar la factura y apostar por la producción fotovoltaica reduciendo al cero las emisiones de carbono de la energía que usan sus asociados, y acabar así con el oligopolio energético.

Replicabilidad
en Zaragoza →
★★★★☆

La barrera principal para la aplicación de esta iniciativa en Zaragoza con resultados exitosos es que una gran parte de la población reside en edificios de multivivienda vertical que dificulta la instalación de sistemas fotovoltaicos individuales ya que implica la coordinación del vecindario completo.

Comunidad energética de Monachil

Nombre del Proyecto:

Comunidad energética de Monachil

Ubicación:

Monachil, Granada, Andalucía, España

Web:

<https://cutt.ly/ijl8mqY>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Edificios municipales
Vecinos y vecinas

Impulsores:

Administración Pública
Empresas
ONGs
Ciudadanía



Explicación

Monachil a día de hoy tiene varias instalaciones fotovoltaicas gracias a subvenciones de organismos oficiales, en total 15 kilovatios sobre el colegio y la casa de la cultura que dan servicio a los consumos de estos edificios. Con la energía sobrante de estos edificios han calculado que podrían beneficiarse 10 familias que se encuentran en situación de pobreza energética. El siguiente paso que quieren abordar, desde Copeerarse con colaboración del ayuntamiento, es ampliar estas instalaciones a otros edificios municipales para así poder llegar a más vecinos y vecinas. Esto se hará a través de la cesión de las cubiertas de esos edificios a la cooperativa, donde se instalarán los nuevos paneles solares.

La intención será que puedan aprovechar esa energía tanto el ayuntamiento como los socios de la cooperativa en un radio de 500 metros desde la instalación. Además, parte de la energía será cedida a familias en situación de pobreza energética, llegando así a más familias que las que podrían beneficiarse a día de hoy.

Replicabilidad
en Zaragoza



Proyecto muy parecido que se está desarrollando a día de hoy por ECODES en colaboración con EDP, Barrio Solar, que consistirá en instalar los paneles solares en cubiertas públicas y puedan aprovecharse de ellas tanto los vecinos y vecinas de la zona, como los edificios públicos

Energía solar per a tothom

Nombre del Proyecto:

Energía solar per a tothom

Ubicación:

Comarca Osona, Barcelona, España

Web:

<https://cutt.ly/1jl7xlt>



Análisis



Tipo de
Energía



Vulnerables



Beneficiarios:
Vecinos y vecinas
elegibles

Impulsores:

Administración Pública

Empresas

ONGs

Ciudadanía



Explicación

Energía solar para todos es un proyecto que aborda la paliación de la pobreza energética a través de la participación directa de las familias en la transición energética local y justa. A partir del modelo Solar for All del estado de Nueva York, se ha adaptado la metodología basada en una facturación social, que reduce el gasto energético de las familias a partir de la energía generada en instalaciones fotovoltaicas públicas, de las que las familias participan y se benefician.

La participación en el proyecto es totalmente gratuita para las personas beneficiarias, que no sólo reciben una compensación económica destinada a cubrir parte de sus necesidades básicas, sino que también entran a formar parte de un programa de actividades para una nueva cultura energética, de apoderamiento y cohesión social en el territorio.

El objetivo general del proyecto es generar nuevas respuestas para erradicar la pobreza energética mediante la consideración de las familias como agentes activos y no consumidores pasivos.

Los objetivos específicos son: reducir la vulnerabilidad energética de las familias, fomentar la corresponsabilidad y el compromiso activo de la vecindad, generar actividades de fomento de la cohesión social a partir del vector energía renovable, y asegurar una transición energética socialmente justa.

Replicabilidad
en Zaragoza →



Similar al propuesto en el objetivo del trabajo. Consistiría en que las entidades públicas y en este caso también privadas de Zaragoza hicieran la inversión y gestión de las instalaciones, y que éstas pudieran ser aprovechadas por familias vulnerables que se encuentren en el área de la instalación. Además fomentaría la cohesión vecinal y la concienciación con el medio ambiente a través de actividades participativas.

4. PROPUESTA DE INSTALACIÓN EN ZARAGOZA

Una vez estudiadas las buenas prácticas que se están llevando a cabo en las distintas partes del mundo, resultaría interesante plantear alguno de los modelos vistos en la ciudad de Zaragoza.

Optamos por un modelo muy similar al de Solar for All implantado en Nueva York y replicado también en la comarca de Osona. Esta elección se debe a que es la forma de llegar a más familias que se encuentran en situación de Pobreza Energética en comparación con el resto de modelos. Además, resulta más justificable, ya que planteamos que la integridad de la inversión sea aportada del gasto social que cada año realiza el Ayuntamiento para sufragar facturas de familias que no las pueden costear.

Como comentábamos al principio de la memoria, en el año 2019 el Ayuntamiento de Zaragoza concedió 2.578 ayudas de urgencia para el abono de facturas de electricidad por un importe total de 404.073 € (Alcubierre, 2020). Un 5% más que en 2018. Resultaría significativo convertir esa subvención en una inversión, en forma de instalación fotovoltaica para autoconsumo colectivo de las familias de la zona donde se encuentre la planta. Siendo beneficiado el colectivo de todos los actores del proyecto.

Para comenzar con la propuesta de la instalación primero es necesario saber dónde podríamos ubicarla. La localización ideal para esta sería una donde pudiera tener un gran impacto. Una de las opciones de estas zonas sería en el Barrio de la Magdalena, ya que es uno de los barrios con menor renta media mínima anual por vecino/a. En la imagen vemos que se encuentra la totalidad del barrio en la franja de menos de 25000 euros anuales según el periódico Heraldo de Aragón [23].

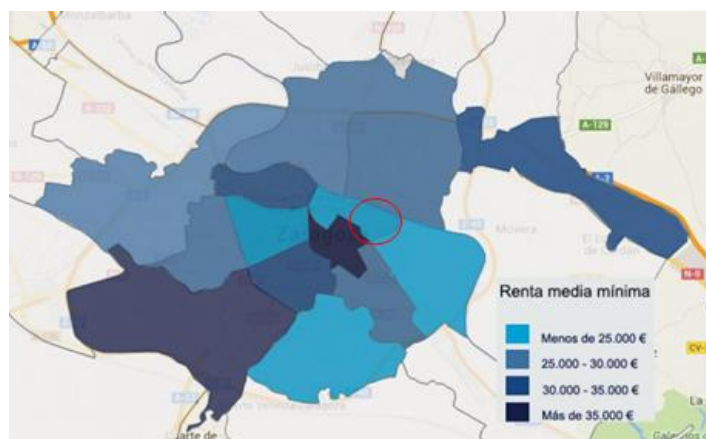


Fig 5. Renta media mínima por zonas de Zaragoza.

Para seguir con la justificación de la zona elegida, nos pusimos en contacto con los Servicios Sociales de Zaragoza, para verificar que la elección era adecuada.

Tras la entrevista con Beatriz Alcubierre, Jefa de Sección del Programa de Prevención e Inclusión del Ayuntamiento de Zaragoza, y gracias a su equipo, nos facilitaron los siguientes datos que resultarían de gran utilidad para el análisis. En el barrio de la Magdalena se gastaron por parte de la administración pública 49.888,76 euros (se solicitaron 98.876 euros)

en ayudas de urgencia para facturas en 2019, lo que supone un 12,346% del total. Siendo este el barrio más solicitante de Ayudas de urgencia.

Si comparamos la población total de Zaragoza (716.040 habitantes en 2019) con la del distrito del Casco Antiguo (46.821 habitantes), suponen un 6,538%, y siendo que el barrio de la Magdalena representa aproximadamente una tercera parte de este, justificaría de nuevo la elección del barrio, ya que supone que un 2,179% de los habitantes de Zaragoza están solicitando 12.346% del total de ayudas de urgencia para facturas de la luz. Además de esto, en la zona de la Magdalena se encuentran varios edificios de viviendas sociales, que como es evidente son de los hogares que más solicitan ayudas y más útil podría resultar la propuesta.

Para la realización del proyecto se ha elegido la cubierta del I.E.S. Pedro de Luna, ya que se trata de un edificio público. La elección de esta sobre otras posibles es debido a que se encuentra en el centro del barrio y de esta manera la comunidad energética abarcaría la totalidad del mismo. Además, no existen edificios de gran altura en su entorno que puedan generar sombreamientos indeseables. El consumidor de una instalación de autoconsumo colectivo haciendo uso de la red debe de estar a menos de 500 metros de esta, como hemos comentado en apartados anteriores.

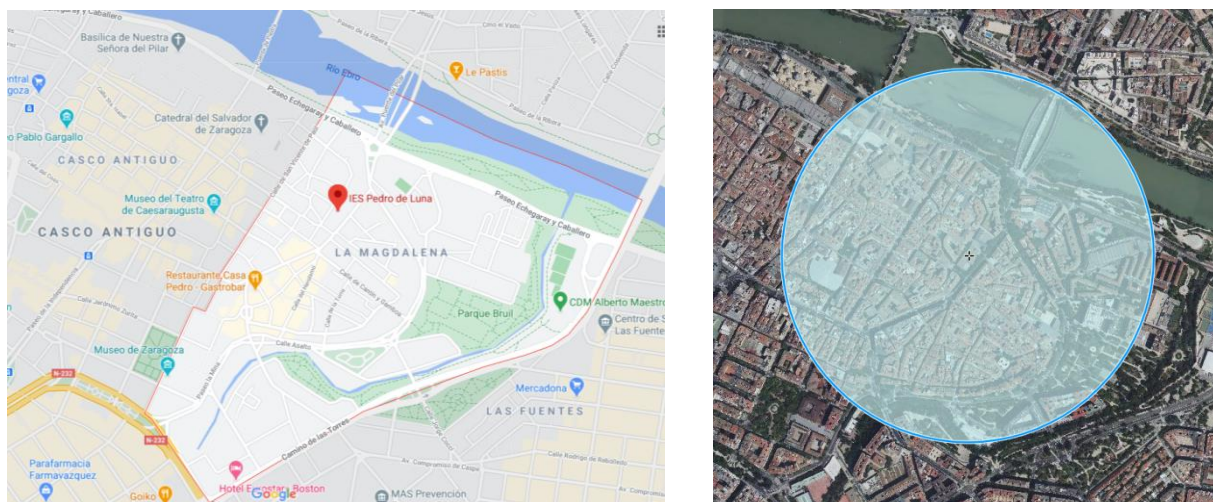


Fig 6. Barrio de la Magdalena, Zaragoza. Radio de 500 metros desde I.E.S. Pedro de Luna.

Una vez elegida la cubierta para la instalación, corresponde la elección de los elementos que la integran.

Para la elección del tipo de paneles a colocar, hemos basado la selección en el proyecto que está realizando a día de hoy ECODES en la ciudad de Zaragoza, llamado Barrio Solar. En este se van a utilizar 222 módulos solares de 450Wp, marca LONGI modelo LR4-72HPH-450M, o similar. Lo que implica 99,9kW pico, que es prácticamente el máximo permitido a día de hoy por RD 244/2019.

Para la instalación en el I.E.S. Pedro de Luna optaremos también por el máximo marcado por la ley de 100kWp, y mismo dimensionado y formato del seleccionado por ECODES, es decir,

222 módulos solares de 450Wp. El tamaño de los módulos solares es el siguiente: 2094x1035x35 mm, lo que haría un total mínimo de área de 481,13 m². Contando con las estructuras de soporte de estos paneles, ECODES aproxima que por cada 1kWp se necesitan unos 6m². Calculando ahora el área de la cubierta tan solo de uno de los edificios del IES Pedro de Luna, con una de las herramientas con las que cuenta Google Earth, observamos que la instalación no ocuparía la totalidad de la superficie.



Fig 7. Cálculo de área de la cubierta del edificio principal del I.E.S. Pedro de Luna con Google Earth.

Una pre-visualización de la instalación desde distintas orientaciones, con los 222 módulos colocados, utilizando SketchUp [24] sería la siguiente:

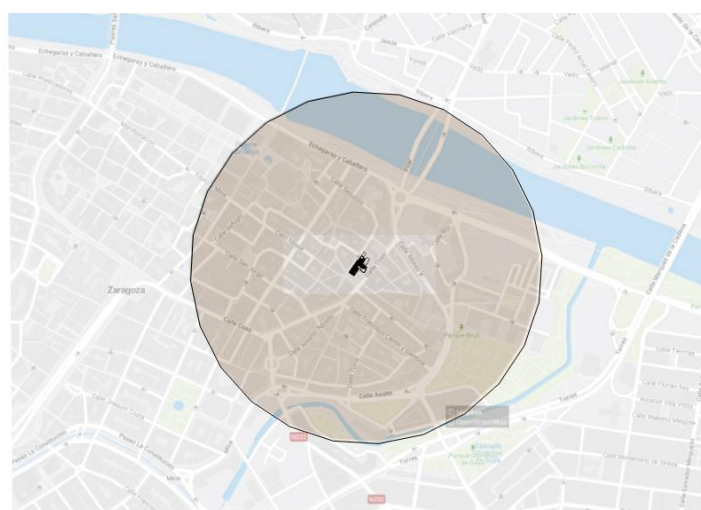
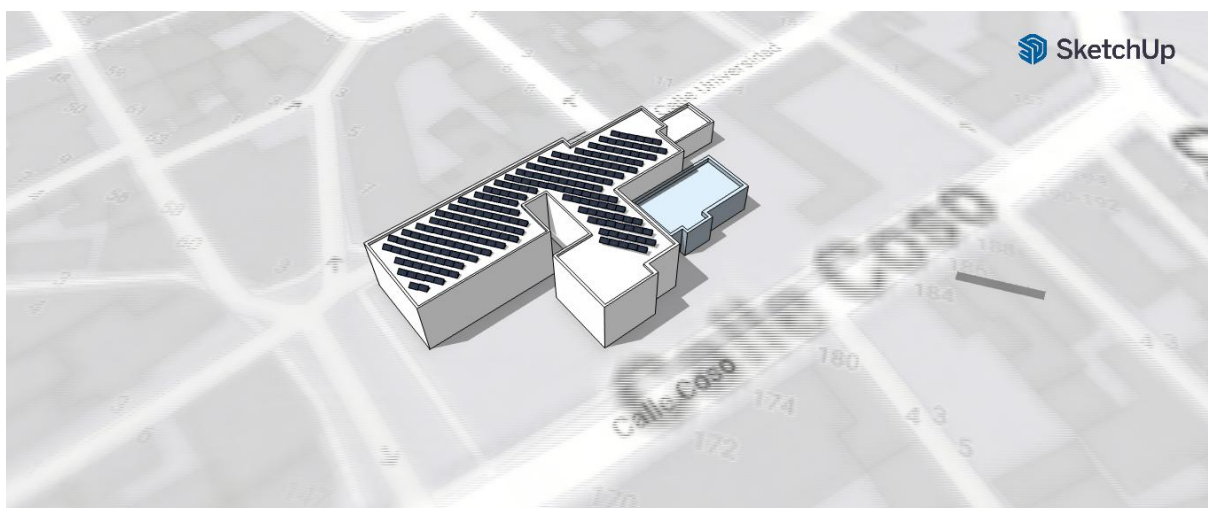


Fig 8. Modelos creados con SketchUp y radio de 500 metros desde la instalación.

Visto el modelo, habría que comenzar a perfilar qué tipo de autoconsumo sería el más beneficioso para esta comunidad energética. Se propone una instalación con la siguiente

conexión de las ya vistas: Instalaciones próximas a través de red, además de un modelo de autoconsumo con excedentes con posibilidad de acogerse a compensación.

Una vez decidido esto, es momento de plantear la cantidad de participantes que compondrán la comunidad energética. Se propondrá que a cada consumidor de la instalación le correspondan 0,5kW, lo que implica 200 participantes. El objetivo de asignar esta potencia y no una superior es evitar lo máximo posible la generación de excedentes maximizando el autoconsumo, y por lo tanto, la rentabilidad de la instalación. El precio del kWh compensado por la comercializadora es sustancialmente menor que coste del kWh consumido de la red, ya que en la compensación solo se remunera el precio de mercado, y no los costes asociados a los peajes de acceso. De esta manera el dimensionado representa una parte importante del consumo, pero tiene en cuenta el límite del exceso. Como podemos observar en las siguientes gráficas realizadas por ECODES para Barrio Solar, para 0.5kW se autoconsume la totalidad de la energía solar asignada (se verá más adelante la justificación de los 811 kWh/año)

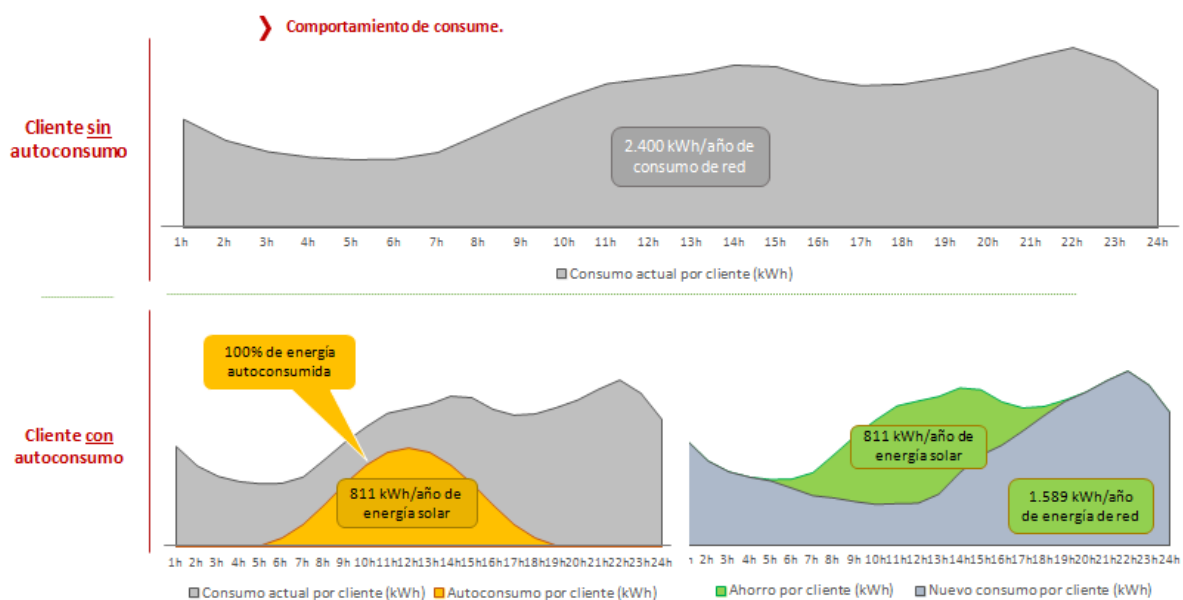


Fig 9. Consumos de clientes sin y con autoconsumo, y la demanda que hacen a la red.

A partir de estas consideraciones, y de nuevo gracias a los datos proporcionados del proyecto de Barrio Solar de ECODES, la inversión para una instalación de esas características ronda los 1000€/kW que serían 100.000€. Se trabajará con este y con los datos proporcionados por Servicios Sociales, para dos escenarios distintos que se explicarán más adelante.

En cuanto a los datos de las familias solicitantes de ayudas en 2019, tenemos los siguientes:

Datos ayudas			
Gasto anual en ayudas de urgencia facturas electricidad		49.888,76 €	
Solicitado		98.876 €	
Nº de hogares totales		203	€/hogar 245,76 €

Fig 10. Datos de ayudas de urgencia cedidos por Servicios Sociales.

Como vemos, con el supuesto de 200 participantes a 0,5kW cada uno, prácticamente abordaremos la totalidad de los hogares solicitantes de ayudas, solo tendríamos 3 pendientes.

Con los datos cedidos por ECODES de su proyecto Barrio Solar y en colaboración con EDP, sabemos el precio de coste, gestión y mantenimiento de la instalación serían los siguientes:

Planta 100 kWp	
Coste de la instalación (CAPEX)	100.000 €
Gestión de la instalación (participante/año)	15 €
Mantenimiento anual de la instalación	900 €

Fig 11. Inversión inicial y gastos de la instalación.

Por lo consiguiente, el gasto anual que utilizaremos para el cálculo de la rentabilidad será de:

$$900 + (15 * 200) = 3.900€$$

Una vez obtenidos los gastos, pasamos a hallar los posibles beneficios que puede suponer la instalación. En este caso utilizando la herramienta PVGIS [27] (Photovoltaic Geographical Information System) hallamos que la producción anual por FV en la cubierta del I.E.S. Pedro de Luna es de 162.211 kWh, que entre los 200 participantes a 0,5kW supone para cada uno de estos 811,055kW.

Para los beneficios en euros que generaría la instalación primero tendríamos que hallar el coste de la electricidad. En 2020 el precio en los dos mercados existentes fueron los siguientes:

- En el mercado regulado (PVPC) el precio medio fue 0,1127 €/kWh [25] previo a los dos impuestos que se aplican. El impuesto eléctrico: 5.1127% y el IVA: Es el 21%. De esta manera el precio final tras estos es:

$$0,1127 \frac{€}{kWh} * 1,051127 * 1,21 = 0,143339 \frac{€}{kWh}$$

- Para el mercado libre se ha tomado como referencia la tarifa One Luz que tiene entre sus posibles Endesa. El precio medio de la electricidad previo a impuestos fue de 0,119893 €/kWh [26] (para potencias < 10kW). Aplicando los mismos impuestos:

$$0,119893 \frac{€}{kWh} * 1,051127 * 1,21 = 0,152487 \frac{€}{kWh}$$

Para el cálculo del precio de la luz final con el que estimaremos la rentabilidad del proyecto, utilizaremos datos que también fueron cedidos por Servicios Sociales. En ellos vemos el tipo de mercado al que pertenecen los 203 hogares solicitantes de ayudas del barrio. Una conclusión interesante que se puede obtener de estos datos, es que como mínimo el 30% de estos hogares no tienen acceso al Bono Social visto anteriormente.

Nº de hogares totales	203	€/hogar	245,76 €
Nº de hogares en mercado regulado	120	59%	
Nº de hogares en mercado libre	61	30%	
Sin datos	22	11%	

Fig 12. Número de hogares solicitantes y mercado en el que se encuentran.

Si suponemos como total la suma de los hogares de los que conocemos su mercado, implica:

$$120 + 61 = 181$$

$$\frac{120}{181} * 100 = 66,298\% \quad \frac{61}{181} * 100 = 33,701\%$$

Obtenidos estos porcentajes, suponemos que los 22 hogares de los que no tenemos la información del mercado, guardan la misma relación. Calculando esto y redondeando obtenemos que, de estos 22 hogares, 15 hogares cuentan con PVPC y 7 con mercado libre.

Una vez calculado esto podemos estimar el precio medio final con el que trabajar de la siguiente manera:

$$\frac{(120 + 15)}{203} * 100 = 66,502\% \quad \frac{(61 + 7)}{203} * 100 = 33,497\%$$

$$66,502\% * 0,143339 \frac{€}{kWh} + 33,497\% * 0,152487 \frac{€}{kWh} = 0,1464 \frac{€}{kWh}$$

Simulación Planta 100 kWp (Pedro de Luna. Azimut: 0º Inclinación 35º)		
	kWh	€
Producción anual	162211	23.747,69 €
Producción anual 1kWp	1622,11	237,48 €
Producción anual 0,5 kWp	811,055	118,74 €

Fig 13. Beneficios de la instalación basados en PVGIS y precio de la luz calculado.

La elección de las características en cuanto a la orientación de los módulos resulta la más óptima para la generación de energía y aprovechamiento máximo de la luz solar. Se explica más detenidamente en el segundo Anexo.

Para analizar la rentabilidad y la recuperación de la inversión, de la instalación a 25 años, se estudian dos escenarios:

- La primera hipótesis, simula que todos los participantes autoconsumen y reducen sus facturas, y todos, piden igualmente, ayuda de urgencia. Es decir, mismo numero de ayudas concedidas, pero con menor importe debido al autoconsumo.

- La segunda hipótesis es que todos autoconsumen, pero el 50%, al verse reducidas sus facturas, ya no tienen la necesidad de pedir una ayuda de urgencia. El otro 50% sí la siguen pidiendo a pesar de que sean de menor importe.

A continuación se muestran dos tablas realizadas por elaboración propia donde se estudia la rentabilidad del proyecto a 25 años en los dos escenarios planteados. Como gasto se introduce el primer año la inversión y en los siguientes el coste de gestión y mantenimiento calculado anteriormente. Y como ahorro se incluye lo que supondría en euros, visto en la tabla anterior, la producción anual de energía de la planta.

Primera hipótesis:

Con la Instalación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gasto		100.000 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €
Ahorro si todos siguen solicitando		23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €
Balance		-76.252,31 €	-56.404,62 €	-36.556,93 €	-16.709,24 €	3.138,45 €	22.986,14 €	42.833,83 €	62.681,52 €	82.529,21 €	102.376,90 €	122.224,59 €

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €
23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €	23.747,69 €
142.072,28 €	161.919,98 €	181.767,67 €	201.615,36 €	221.463,05 €	241.310,74 €	261.158,43 €	281.006,12 €	300.853,81 €	320.701,50 €	340.549,19 €	360.396,88 €	380.244,57 €	400.092,26 €

Segunda hipótesis:

Con la Instalación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gasto		100.000 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €
Ahorro si solicitan el 50%		36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €
Balance		-63.181,77 €	-30.263,55 €	2.654,68 €	35.572,90 €	68.491,13 €	101.409,35 €	134.327,58 €	167.245,80 €	200.164,03 €	233.082,25 €	266.000,48 €

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €	3.900 €
36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €	36.818,23 €
298.918,70 €	331.836,93 €	364.755,15 €	397.673,38 €	430.591,60 €	463.509,83 €	496.428,05 €	529.346,28 €	562.264,50 €	595.182,73 €	628.100,95 €	661.019,18 €	693.937,40 €	726.855,63 €

Fig 14. Recuperación de la inversión a 25 años en los 2 escenarios nombrados.

Como podemos observar en ambos casos la recuperación por parte del Ayuntamiento del gasto destinado a ayudas de urgencia para facturas de electricidad en el escenario actual es rapidísima, tratándose de menos de 5 años en el primer escenario y de menos de 3 años en el segundo.

Vista la propuesta, la realización de este proyecto o una idea similar, puede representar una oportunidad para las administraciones públicas transformando lo que hasta ahora suponía un gasto en una inversión a futuro, ya que como hemos comentado en apartados anteriores la vida útil de estas instalaciones ronda los 25-30 años. Y se ha podido ver como la rentabilidad de la inversión es muy positiva al igual que su utilidad.

Además de esto, claro está, el impacto en el clima, reduciendo las emisiones de CO2 y fomentando en el barrio el uso de fuentes de energía renovables. Por lo tanto, un proyecto como este genera beneficios tanto ambientales como sociales.

Otro beneficio indirecto que supondría la implantación del proyecto sería el no sobrepasar el límite de consumo de energía máximo que por requisitos de Bono Social tienen las familias que lo disfrutan, ya que resultaría más difícil superarlo, porque parte de este sería autoconsumo.

En cuanto a los participantes, sería de interés fomentar, en los casos en los que sea posible, que el “pago” de estos servicios se hiciera con tiempo, a través de actividades como podrían ser:

- Talleres sobre energías renovables
- Cursos sobre asesoramiento energético y facturas de la luz, donde a posteriori se pueda formar una red de voluntarios que después puedan asesorar a otras familias.
- Cursos sobre cómo desplazar el consumo a los horarios más eficientes para el autoconsumo.
- Formación en la instalación de paneles solares que servirá como una oportunidad de oficio a futuro, pudiendo también la administración pública contratarles para proyectos similares en otros barrios.
- Trabajos para la comunidad en ámbitos donde el participante se sienta a gusto y pueda ser útil.
- Comprometerse a recibir algún tipo de formación en algún campo que les resulte de interés.

Estos son algunos de los ejemplos donde se fomentaría el empoderamiento del participante, dejando atrás, en la medida que sea posible, la caridad que tantas veces frena la evolución de las personas. Además de crear un proyecto común entre los vecinos y vecinas del barrio que les uniría en la lucha de muchas otras conquistas sociales. La participación en principio se propondrá de manera temporal para que así puedan entrar nuevos hogares necesitados, y también fomentar el esfuerzo de los que ya participan.

Otro beneficio social que podría resultar del proyecto, sería la formación de jóvenes del instituto en el campo de las energías renovables. Pudiendo crear una nueva Formación Profesional Básica en este campo, y que sea impartida en el propio edificio. Además, también

se podría contemplar la opción de crear en el otro bloque del instituto una instalación para el propio autoconsumo del centro.

En definitiva, el desarrollo de este proyecto supondría una inversión a futuro de la administración pública replicable en más barrios, además de crear una conciencia ambiental de los vecinos y vecinas, y su unión en un proyecto social común.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Fin de Grados se han realizado las siguientes actividades:

- Se ha estudiado el contexto en el que iba a desarrollarse, se ha tratado de introducir al receptor en todos los aspectos que iban a resultar útiles para la lectura del resto de capítulos.
- Se ha hecho una búsqueda y recopilación de buenas prácticas energéticas aplicadas en otras comunidades dentro y fuera de España, con su posterior análisis y organización en forma de ficha. Algunas de estas comunidades estudiadas no han sido incluída, ya sea por similitud, por la escasa replicabilidad en Zaragoza o por no extender demasiado el capítulo.
- Se ha propuesto una solución para un problema existente, a través de la toma de decisiones comparadas con las otras posibles. Esta ha sido más sencilla gracias a la colaboración de ECODES, más concretamente Carlos Pesqué Castillo, que con sus conocimientos y experiencia en proyectos similares ha guiado el propuesto.

Los resultados obtenidos han correspondido a los objetivos planteados, por lo que la valoración del trabajo ha sido positiva.

En cuanto al objetivo de búsqueda de buenas prácticas ha resultado efectivo, ya que tras la investigación es esclarecedor que a pesar de ser algo novedoso se está trabajando en todas las partes del mundo, lo que hace pensar que es una buena idea. Además se ha conseguido realizar el análisis de estas comunidades de la forma más útil para nuestra propuesta de comunidad y para futuras, que como hemos comentado podría formar parte de un repositorio de comunidades energéticas.

Por último, la propuesta ha resultado muy positiva y se ha cumplido el objetivo de presentar una idea viable y beneficiosa para todas las partes.

Relativo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, como mencionamos al principio del proyecto se ha intentado trabajar en las siguientes metas:

- Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo. Se ha trabajado por conseguir en este caso mejorar la situación de personas que se encuentran en situación de Pobreza Energética.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Si se consiguiese aplicar el proyecto sus participantes tendrán acceso a energía limpia a coste cero o en todo caso ahorrarán más en su factura eléctrica.
- Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países. Se conseguiría con el proyecto que los participantes tuvieran que dedicar menos ingresos al gasto de luz, pudiéndoselo dedicar a otras necesidades que hasta ahora no podían suplir, o no lo podían hacer como la mayoría de sus vecino/as.

- Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Se podría lograr llevar un tipo de proyecto novedoso y en pleno crecimiento a personas que de otra forma no podrían acceder a el.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Supondría un pequeño cambio en este ámbito, ya que reduciría las emisiones de CO2 y aumentaría el uso de energía limpia.

Como ya hemos comentado en apartados anteriores, la posibilidad de hacer real un proyecto de estas características está en mano de las administraciones. Ya no solo en el barrio de la Magdalena, sino también en otros, ya que podría ser ampliable a otros distritos de la ciudad. Incluso más allá de Zaragoza, se podría hacer a nivel nacional, que como hemos visto ya en los ejemplos de buenas prácticas se está desarrollando una idea muy parecida en Cataluña. Además de la aplicación a nivel geográfico, habría que trabajar también con más precisión la toma de alguna de las decisiones para poder llevarlo a cabo.

Para concluir, ha resultado una investigación muy interesante en el campo ingenieril a la par que preocupante en el ámbito de la Pobreza Energética. El poder haber utilizado los conocimientos aprendidos para proponer una solución a un problema de actualidad ha sido muy gratificante personalmente.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). *Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024*.
https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica2019-2024_tcm30-496282.pdf
2. Observatorio Europeo contra la Pobreza Energética (EPOV). (2019). *Indicators & Data*. <https://www.energypoverty.eu/indicators-data>
3. Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>
4. Mena Roa, Mónica . (2020). *¿ Cuántos españoles viven en pisos?*
<https://es.statista.com/grafico/21734/porcentaje-de-poblacion-que-vive-en-pisos-en-paises-seleccionados-de-la-ue-en-2018/#:~:text=Mientras%20que%20el%2046%25%20de,asciende%20a%20casi%20un%2065%25.>
5. Naciones Unidas. (2015) *Objetivos de desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
6. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2019). *Autoconsumo*.
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/autoconsumo>
7. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2019) *Comunidades Energéticas Locales*. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/financiacion-del-idae/comunidades-energeticas-locales>
8. Anpier. (2020). *Energía fotovoltaica*. <https://anpier.org/energia-fotovoltaica/>
9. Energía Solar. (7 de enero de 2021). *En Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar
10. Alonso Lorenzo, José Alfonso. (2019). Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia y HSP. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
11. Energía Solar Fotovoltaica. (12 de enero de 2021). *En Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica&action=history
12. Unión Española Fotovoltaica. (2020). *EL SECTOR FOTOVOLTAICO HACIA UNA NUEVA ERA INFORME ANUAL UNEF 2020*. <https://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>
13. Fundación Ecología y Desarrollo. (2021). *ECODES*. <https://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>
14. Fundación Ecología y Desarrollo. (2020). *Ni Un Hogar Sin Energía gana el Premio a la mejor Iniciativa Social en ámbito energético de Fundación Naturgy*.
<https://ecodes.org/hacemos/energia-y-personas/cultura-energetica-y-derecho-a-la-energia/ni-un-hogar-sin-energia/ni-un-hogar-sin-energia-gana-el-premio-a-la-mejor-iniciativa-social-en-el-ambito-energetico-de-fundacion-naturgy>

15. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (16 de octubre de 2020). *En Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Programa_de_las_Naciones_Unidas_para_el_Medio_Ambiente
16. NY sun. (2020). *Solar for All*.
<https://www.nyserda.ny.gov/All%20Programs/Programs/NY%20Sun/Solar%20for%20Your%20Home/Community%20Solar/Solar%20for%20All>
17. Energy cities. (2020). *Energy cities Križevci*. https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2020/07/Krizevci_crowdfunding-solarPV_2020_en.pdf
18. Energy cities. (2019). *Energy Cities Mouscron*. https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2020/04/Mouscron-A-City-going-solar_CoM-case-study_2019_en.pdf
19. Plymouth energy community (2019) *Plymouth energy community*
<https://plymouthenergycommunity.com/>
20. MoañaSolar. (2020). *Moaña Solar*. <https://www.xn--moaasolar-n6a.org/>
21. Germinador Social. (2018). *Comunidad Energética de Monachil*.
<https://www.germinadorsocial.com/projectes/comunidad-energetica-de-monachil/>
22. Ecoserveis. (2020). *Energia solar per a tothom*.
<https://www.ecoserveis.net/donation/energia-solar-per-a-tothom/>
23. Villar, Victor. (2016). *Las rentas de las zonas más ricas de Zaragoza superan en 26.000 euros a las más pobres*.
<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2016/03/08/las-rentas-las-zonas-mas-ricas-zaragoza-superan-000-euros-las-mas-pobres-803722-2261126.html>
24. Trimble. (2012). SketchUp.(20.0.363) [Software]. <https://www.sketchup.com/>
25. Papernest. (2020). *Tarifa PVPC: precios 2020 con y sin discriminación horaria*.
<https://www.papernest.es/energia/tarifa-luz/tarifa-pvpc/>
26. Endesa. (2020). *One Luz: tarifa con precio fijo para el kWh*.
<https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/luz/one/tarifa-one-luz>
27. EU SCIENCE (2019). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP
28. Enercoop.(2019).*Enercoop convertirá crevillent en una comunidad energética local pionera en europa*. <https://www.enercoop.es/enercoop-convertira-crevillent-en-una-comunidad-energetica-local-pionera-en-europa/>
29. Comunidades Energéticas. (2020) *Nueva comunidad energética local impulsada por el ayuntamiento de Urroz Villa*. <https://comunidadesenergeticas.org/urroz/>
30. Comunidades Energéticas.(2020). *La comunidad energética de Esparza ha comenzado a autoconsumir su propia energía 100% renovable*.
<https://comunidadesenergeticas.org/2020/12/la-comunidad-energetica-de-esparza-ha-comenzado-a-autoconsumir-su-propia-energia-100-renovable/>
31. Esenergía. (2020). *San Juan del Puerto apuesta por una comunidad energética local*.
<https://esenergia.es/comunidad-energetica-local/comunidades>

32. Energéticas.(2020) *Comunidad energética local Lasierra (Álava)*.
<https://comunidadesenergeticas.org/2020/12/la-comunidad-energetica-de-esparza-ha-comenzado-a-autoconsumir-su-propia-energia-100-renovable/>
33. Compile Projects. (2019). *PILOT SITE LISBON*. <https://www.compile-project.eu/sites/pilot-site-lisbon/>
34. Compile Projects. (2019). *PILOT SITE LUČE*. <https://www.compile-project.eu/sites/pilot-site-luce/>
35. Bovarnick,Ben y Banks,Darryl. (2014). *State Policies to Increase Low-Income Communities' Access to Solar Power*. <https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/2014/09/LowIncomeSolar-brief.pdf>
36. Windkraft Simonsfeld (2020) *Windkraft Simonsfeld*. <https://www.wksimonsfeld.at/>
37. Zazemiata.(2020). *Zazemiata*. <https://www.zazemiata.org/>
38. Interregeurope. (2020). *North Karelia's success stories on renewable energy*.
<https://www.interregeurope.eu/agrores/news/news-article/10144/north-karelia-s-success-stories-on-renewable-energy/>
39. Ministerio de Fomento. (2019). *Observatorio de Vivienda y Suelo. Boeltín Especial alquiler residencial 2019*.
<https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BAW064>

ÍNDICE FIGURAS

- Figura 1: Objetivos de desarrollo sostenible 1,7,10,11 y 13.
- Figura 2: Cronograma TFG.
- Figura 3: Indicadores oficiales del EPOV y porcentaje de hogares que sufren dicha condición.
- Figura 4: Ángulos de interés para Energía Solar.
- Figura 5: Renta media mínima por zonas de Zaragoza.
- Figura 6: Barrio de la Magdalena, Zaragoza. Radio de 500 metros desde I.E.S. Pedro de Luna.
- Figura 7: Calculo de área de la cubierta del edificio principal del I.E.S. Pedro de Luna con Google Earth.
- Figura 8: Modelos creados con SketchUp y radio de 500 metros desde la instalación.
- Figura 9: Consumos de clientes sin y con autoconsumo, y la demanda que hacen a la red.
- Figura 10: Datos de ayudas de urgencia cedidos por Servicios Sociales.
- Figura 11: Inversión inicial y gastos de la instalación.
- Figura 12: Número de hogares solicitantes y mercado en el que se encuentran.
- Figura 13: Beneficios de la instalación basados en PVGIS y precio de la luz calculado.
- Figura 14: Recuperación de la inversión del proyecto a 25 años en los 2 escenarios nombrados.
- Figura 15: Elección ubicación SketchUp.
- Figura 16: Importación ubicación SketchUp.
- Figura 17: Realización del perímetro.
- Figura 18: Extrusión de la superficie.
- Figura 19: Warehouse de SketchUp buscando la palabra solar.
- Figura 20: Modelado final de la instalación.
- Figura 21: Parámetros a elegir en PVGIS.
- Figura 22: Informe PVGIS.
- Figura 23: Informe PVGIS con optimización de inclinación y azimut.

7. ANEXO 1: SKETCHUP

SketchUp es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras. Su principal característica es poder realizar diseños en 3D de forma sencilla y gratuita. Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante, además el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar. Una de sus grandes características y por la que se ha optado por el uso de este, es la opción de añadir una localización a tu modelado, como se puede ver en la siguiente imagen.

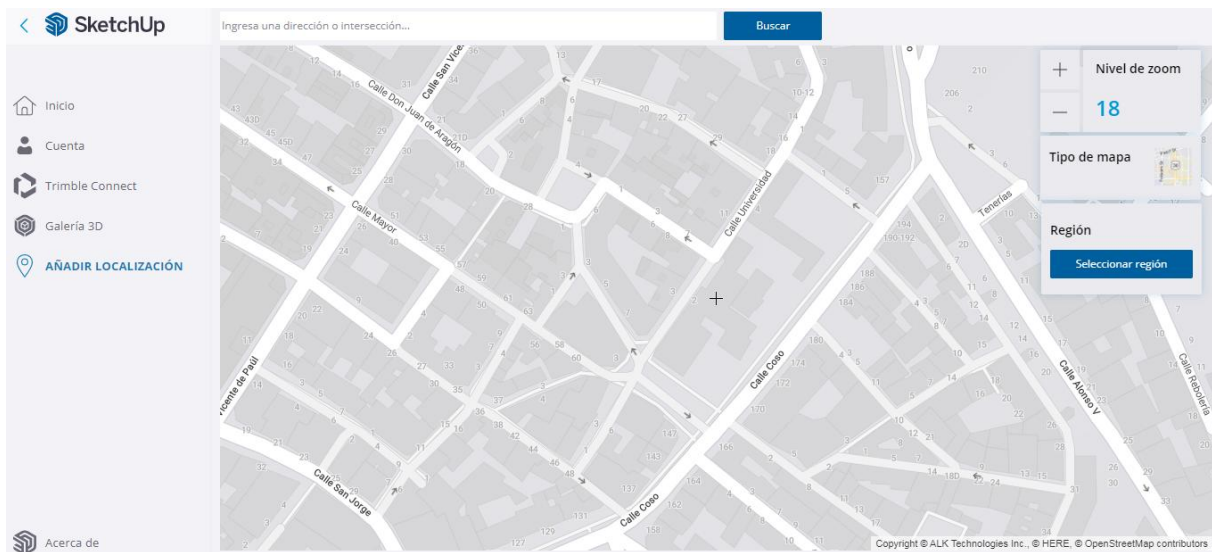


Fig 15. Elección ubicación SketchUp.

Una vez elegida la región donde se quiere actuar se importa al modelado.



Fig 16. Importación ubicación SketchUp.

Una vez importado y con el lápiz que aparece en el desplegable de la izquierda puedes dibujar el perímetro de la cubierta que nos interesa, en este caso la de uno de los edificios del IES Pedro de Luna.

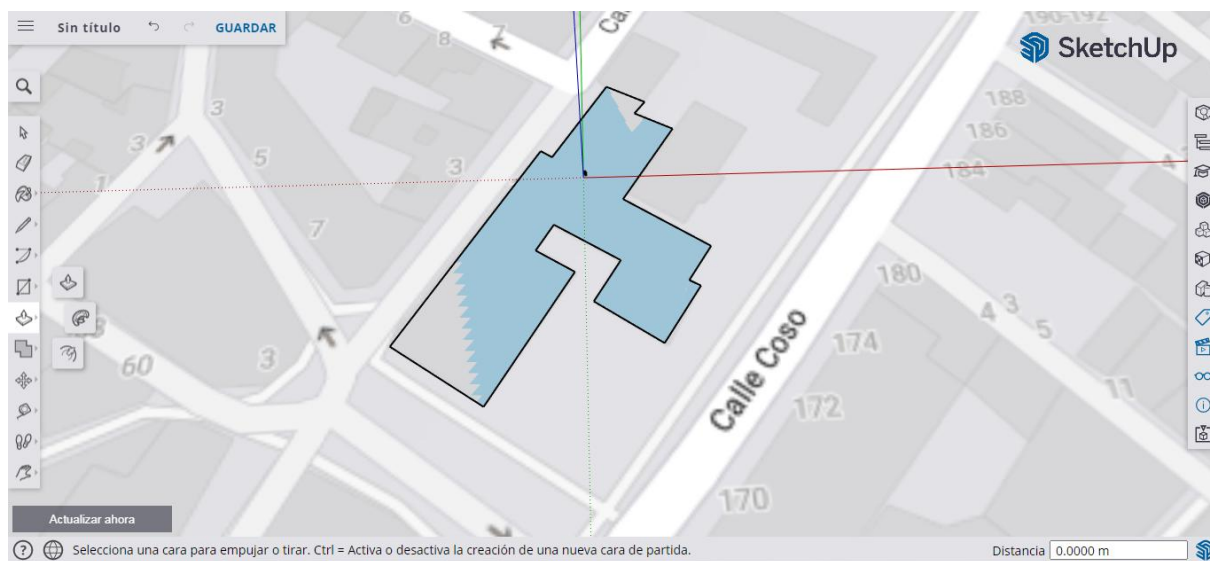


Fig 17. Realización del perímetro.

Una vez realizado el perímetro de la cubierta con el lápiz, el siguiente paso para dar una forma 3D es seleccionar también en el desplegable de la izquierda la opción de empujar/estirar, quedando de la siguiente forma.

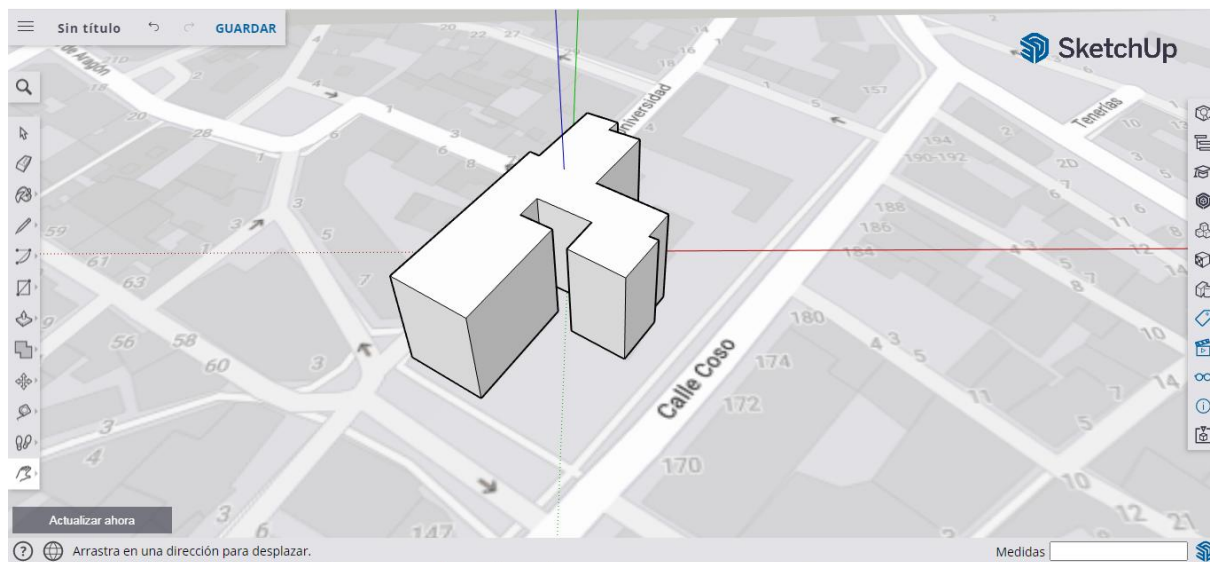


Fig 18. Extrusión de la superficie.

Para añadir los modelos utilizados de paneles solares, SketchUp cuenta con una galería de modelos, 3D Warehouse, que se encuentra en el desplegable de la derecha y infinidad de modelos de uso libre creados por otros usuarios.

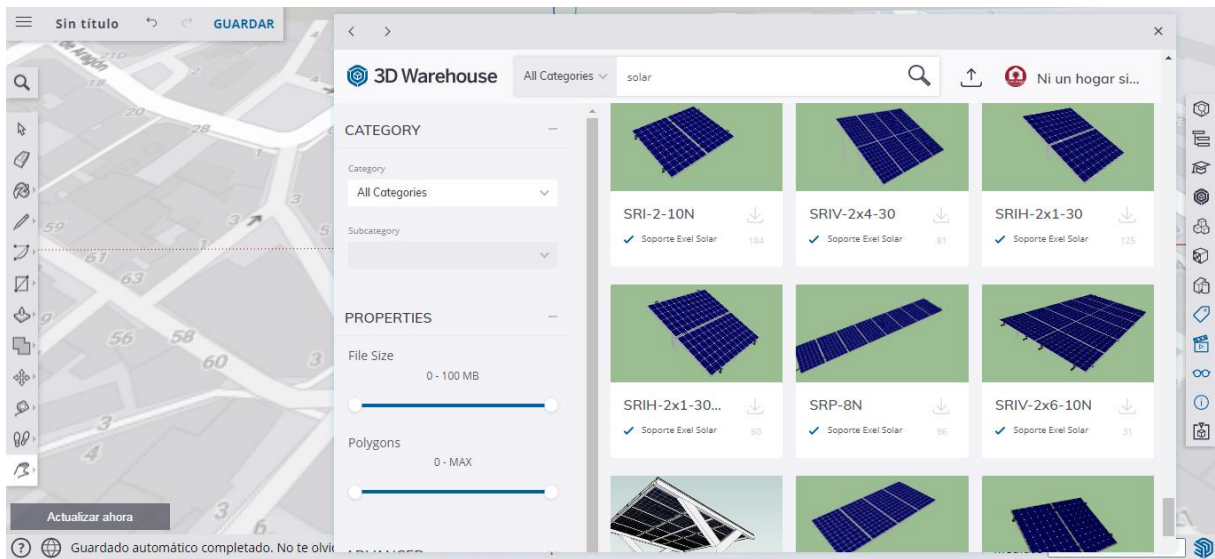


Fig 19. Warehouse de SketchUp buscando la palabra solar.

Una vez importado el elegido, lo podemos colocar en nuestro modelo.

De esta forma, y creando el 3D de los edificios contiguos al de la cubierta que nos interesa, queda el modelo final presentado anteriormente.

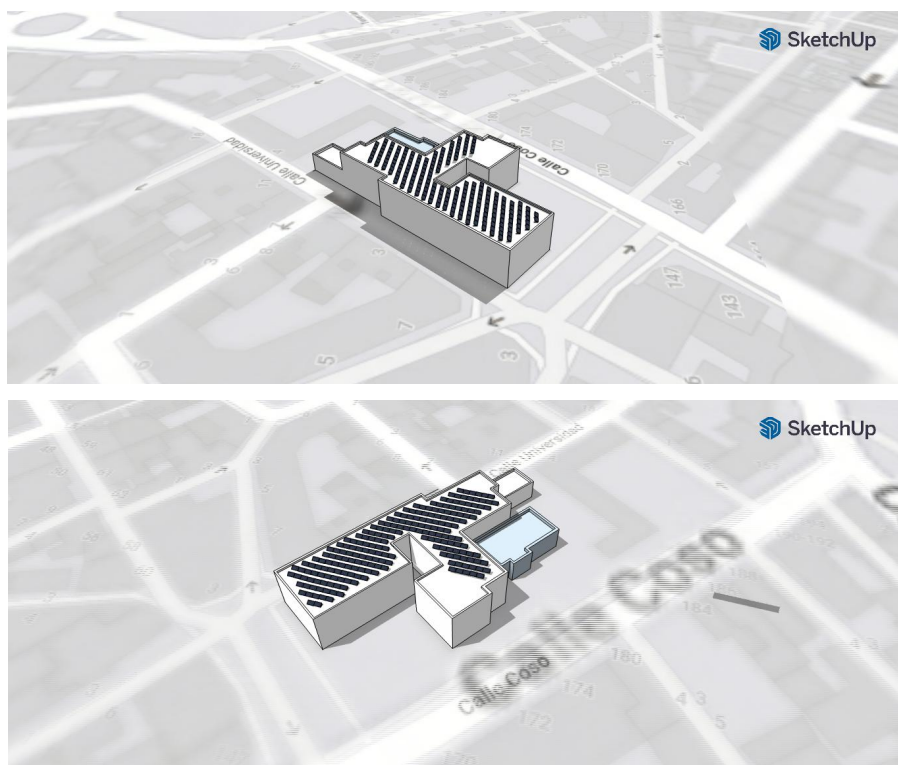


Fig 20. Modelado final de la instalación.

8. ANEXO 1: PVGIS

Como se ha comentado en el apartado de la propuesta, se ha estimado la posible generación de la instalación a través de la herramienta Photovoltaic Geographical Information System, más concretamente se ha utilizado la PV Performance tool.

Para el proyecto se ha elegido la siguiente configuración en la web:

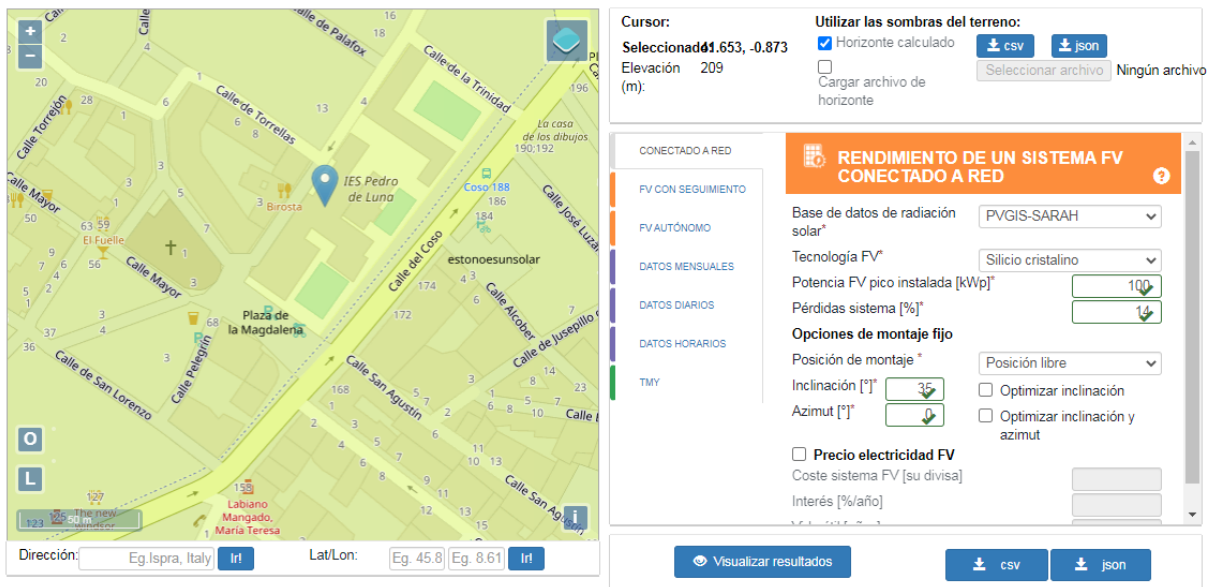


Fig 21. Parámetros a elegir en PVGIS.

En primer lugar se selecciona la ubicación de la supuesta instalación y una vez elegida se pasa a escoger los parámetros en el apartado de Rendimiento de un sistema FV conectado a red. Las distintas secciones a seleccionar, que además están definidos en la web, son:

- Base de datos de radiación solar, según aparece en la web la explicación es:
 - **PVGIS** dispone de cinco bases de datos de radiación solar diferentes con una resolución temporal horaria. Por el momento hay disponibles tres bases de datos desarrolladas a partir de datos de satélite:
 - **PVGIS-SARAH** ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$) Esta base de datos está basada en el algoritmo desarrollado por CM SAF para Europa, África, Asia y partes de América del Sur.
 - **PVGIS-CMSAF** * ($0.025^\circ \times 0.025^\circ$) Esta base de datos ya estaba disponible en PVGIS 4, y era la base de datos principal para Europa, África y partes de América del Sur. La incertidumbre de los datos es mayor que la de SARAH.
 - **PVGIS-NSRDB** ($0.04^\circ \times 0.04^\circ$) Resultado de la colaboración con el Laboratorio Nacional de Energías Renovables, NREL (USA) que desarrolló la base de datos NSRDB y la puso a disposición de PVGIS.
 - Además de los datos obtenidos a partir de imágenes de satélite, hemos incluido otras dos bases de datos para Europa basadas en los datos de reanálisis meteorológico:

- **PVGIS-ERA5** (0.25° x 0.25°) Último producto global de reanálisis generado por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF).
- **PVGIS-COSMO *** (0.055° x 0.055°) Producto regional de reanálisis COSMO-REA6 para Europa desarrollado por el HERZ-DWD.
- Tecnología FV, según aparece en la web la explicación es:
 - El rendimiento de los módulos FV depende de su temperatura y de la radiación solar disponible, así como de la distribución espectral de esta. El grado en el que estos factores afectan a la producción FV depende del tipo de módulo del que se trate. Por el momento podemos estimar las pérdidas debidas a los efectos de la temperatura del módulo y de la irradiancia recibida para los siguientes tipos de módulos:
 - células de silicio cristalino
 - módulos de lámina delgada de CIS (CuInSe) o CIGS (CuInGaSe)
 - módulos de lámina delgada de Teluro de Cadmio (CdTe)
 - Potencia FV pico instalada [kWp] – Potencia pico
 - Es la potencia que el fabricante de los módulos fotovoltaicos declara que estos pueden producir bajo condiciones estándares de medida, es decir, 1000W de radiación solar por metro cuadrado sobre el plano de captación y una temperatura del módulo de 25°C. La potencia pico debe definirse en kilovatio pico (kWp). Si se desconoce la potencia pico declarada de los módulos pero se conoce el área total de todos los módulos y su eficiencia de conversión (en porcentaje), es posible calcular la potencia pico como *potencia = área * eficiencia / 100*.
 - Pérdidas sistema [%]
 - Las pérdidas estimadas del sistema son todas aquellas pérdidas dentro del mismo que hacen que la potencia realmente entregada a la red eléctrica sea inferior a la potencia producida por los módulos fotovoltaicos. Existen varias causas como pérdidas en el cableado, en los inversores, suciedad (en ocasiones nieve) sobre los módulos, etc. A lo largo de los años el rendimiento de los módulos también tiende a disminuir, por lo que la potencia media entregada anualmente durante la vida útil del sistema será inferior a la potencia entregada durante los primeros años. Se asumen unas pérdidas generales, por defecto, del 14%.
 - Posición de montaje
 - Para sistemas fijos (sin sistema de seguimiento solar), el modo en que se colocan los módulos afecta a la temperatura de los mismos, lo que a su vez influye en su rendimiento. Los experimentos han demostrado que si se limita la circulación de aire por detrás de los módulos, estos se sobrecalientan considerablemente (hasta 15°C con una irradiancia de 1000W/m²).

En esta herramienta existen dos posibilidades: *montaje libre*, esto es, cuando los módulos están colocados sobre un bastidor que permite libre circulación de aire por detrás de los mismos; e *integrados en el edificio*, lo cual significa que los módulos están completamente integrados en la estructura de la pared o del tejado del edificio, y por tanto, no existe circulación de aire por la parte posterior de los módulos.

- Inclinación [°]
 - Es el ángulo que presentan los módulos fotovoltaicos respecto al plano horizontal en sistemas con montaje fijo (sin sistema de seguimiento solar).
- Azimut [°]
 - Es el ángulo que presentan los módulos fotovoltaicos respecto a la dirección Sur. -90° es Este, 0° es Sur y 90° es Oeste.

Para nuestra instalación se ha elegido todo por defecto, menos la potencia FV pico instalada que ha sido de 100kWp. Se ha elegido así porque se trata de una propuesta, en el caso de llevarlo a la realidad habría que utilizar otras herramientas para el cálculo con mayor precisión.

Con estas opciones el informe generado por la herramienta es el siguiente:

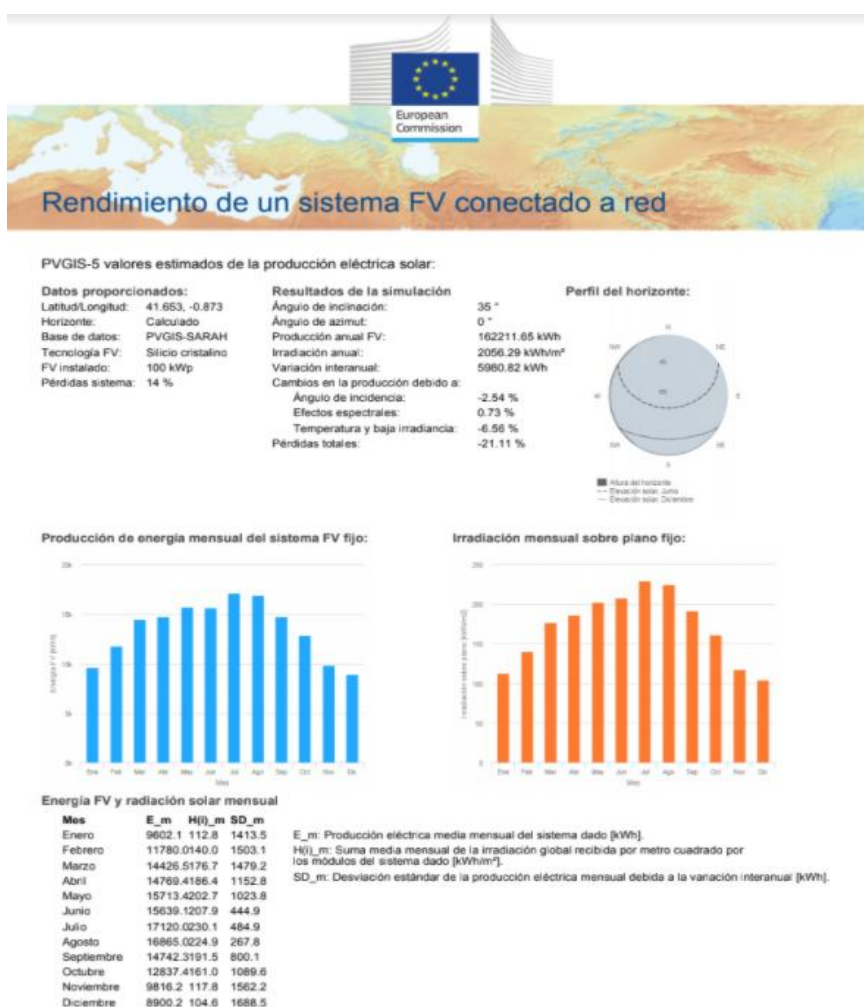


Fig 22. Informe PVGIS.

De este se obtiene el resultado de la producción anual, además de otros datos de interés como la producción de energía mensual, la irradiación mensual sobre el plano fijo o las pérdidas totales.

A parte de esta simulación también se ha realizado una con la opción de Optimizar inclinación y azimut, pero para el proyecto se ha trabajado con la anterior ya que era más desfavorable, aun así la optimización solo ha cambiado en 3° el ángulo de inclinación y 0° el de Azimut, y el resultado de producción anual FV es prácticamente el mismo. Por lo que se podría hacer la misma hipótesis para los dos escenarios.

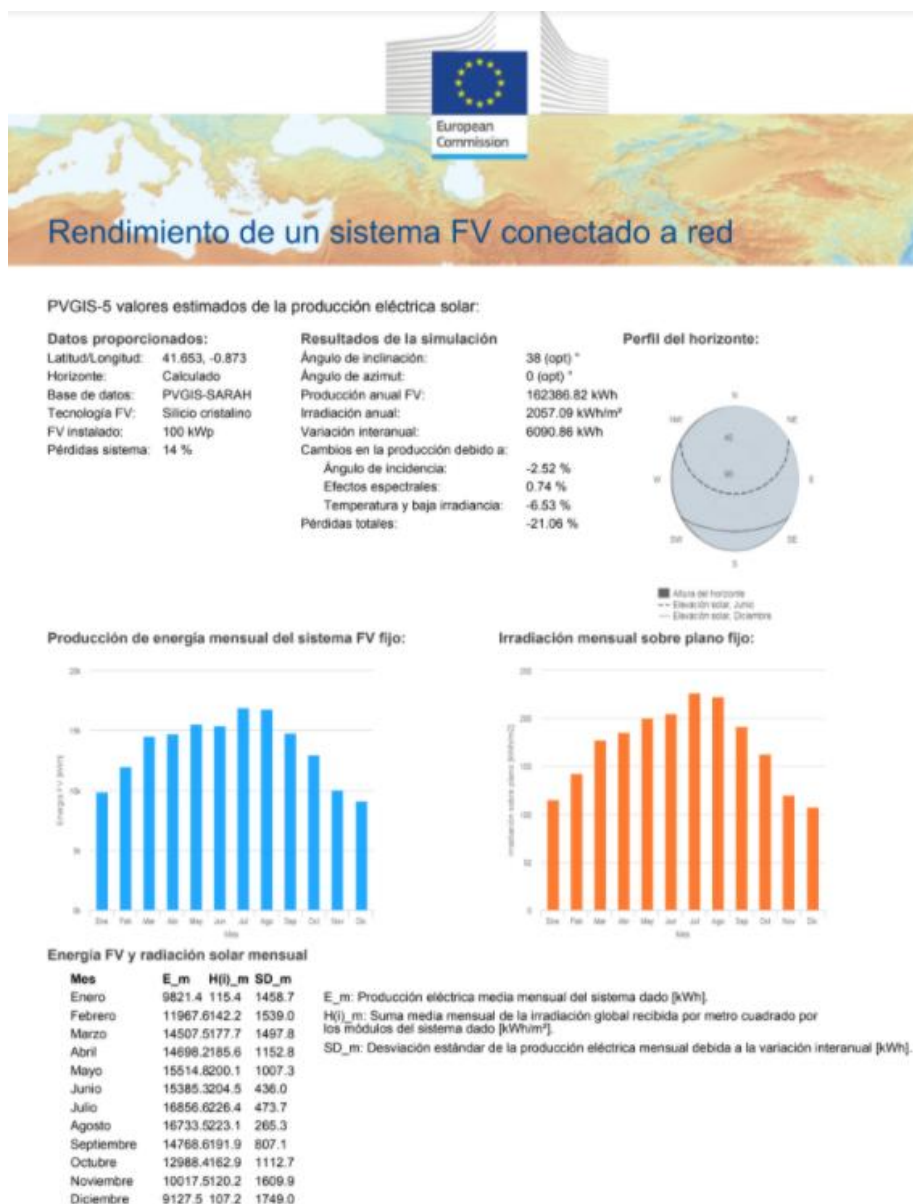


Fig 23. Informe PVGIS con optimización de inclinación y azimut.

9. ANEXO 3: OTRAS COMUNIDADES ENERGÉTICAS

A continuación se añade más información de más comunidades energéticas existentes, a través de una breve descripción de cada una de estas. La mayoría trabajan con energía solar, ya que la búsqueda se centro en ello, y también se ha tratado que haya personas vulnerables como beneficiarias. Estos dos puntos, como ya se ha descrito en la memoria, fueron fundamentales en la investigación.

La lista de las estudiadas pero no incluidas en forma de fichas es la siguiente:

- COMPTEM. Crevillent (Valencia) [28]: Es una iniciativa de proximidad promovida por la cooperativa Enercoop en Crevillent. El proyecto está empezando a dar los primeros pasos. La compañía eléctrica fomentará las instalaciones de autoconsumo en edificios públicos y privados, pondrá a disposición de sus socios una APP para optimizar al máximo su consumo y abaratar así sus facturas eléctricas, y dispondrá paneles digitales en edificios y lugares públicos con la información energética del municipio.
- Comunidad Energética en Urroz Villa (Navarra) [29]: La instalación que se está realizando tiene una potencia de generación fotovoltaica de 36 kWp que se espera alcance una producción de 41891Kwh de energía de origen fotovoltaico. Además del Ayuntamiento se están integrando en la Comunidad Energética más de un centenar de vecinos y vecinas de Urroz que en conjunto lograrán un autoconsumo de electricidad que puede superar el 41%, con un ahorro en la factura global que puede alcanzar el 54%. Con su producción anual de energía renovable fotovoltaica, evitará la emisión de más de 26 toneladas de Co2 cada año.
- Comunidad Energética en Esparza de Galar (Navarra) [30]: La instalación por el Concejo de Esparza de una planta de generación fotovoltaica en la cubierta del Frontón subvencionada por el Gobierno de Navarra, que permite el autoconsumo con edificios que se encuentren conectados al mismo centro de transformación del punto de generación o se encuentren a una distancia inferior a 500 metros de la planta generadora. La instalación de generación fotovoltaica situada en la cubierta del frontón de Esparza, con una potencia instalada de 18Kwp, tiene prevista una producción de 25588 Kwh/año que evitará la emisión de 15,4 toneladas de CO2.
- Comunidad Energética en San Juan del Puerto (Huelva) [31]: Comunidad Energética Local pretende que los usuarios de la misma produzcan su propia energía eólica o fotovoltaica, cuyas instalaciones serán montadas por las personas que pertenezcan a la misma o ciudadanos de San Juan del Puerto que recibirán su correspondiente formación para poder realizar. Los principales objetivos que persigue el Ayuntamiento con la creación de la Comunidad Energética Local serán generación de electricidad renovable para el abastecimiento del municipio, formación de trabajadores de la localidad en energías limpias, desarrollo económico sostenible, población autosuficiente en energía eléctrica.
- Comunidad energética local Lasierra (Álava) [32], la Junta administrativa de Lasierra, vecinos y el espacio de creación cultural y alojamiento turístico Azala, con el asesoramiento y apoyo técnico de la Cooperativa de consumo eléctrico EMASP, son los impulsores de una Comunidad Energética Local. Esta, pionera en Euskadi, recoge la experiencia de la Comunidad para la gestión del agua ya existente, sin ningún tipo de lucro

o beneficio, y la traslada a la producción y gestión de energía renovable kilómetro cero, para el autoconsumo de los componentes de la Comunidad Energética.

- Comuniadad energética en Lisboa [33]: localizada en un barrio residencial con 8 edificios que forman un condominio con 150 apartamentos. Está ubicado en una zona residencial de Lisboa llamada "Alta de Lisboa". Los propietarios del apartamento han invertido en la instalación de paneles fotovoltaicos (FV) que suman hasta 9 kW de capacidad instalada para cubrir sus necesidades energéticas para las áreas comunes de los edificios, incluyendo iluminación, ascensores y sistemas de climatización. También tienen dos puntos de carga de vehículos eléctricos privados.
- Comunidad energética en Luče [34]: se trata de un caso donde hay una red rural de baja tensión con una conexión débil e inestable a la red de media tensión. Existen gran cantidad de cortes de la red durante las épocas de fenómenos meteorológicos extremos, como tormentas eléctricas. El iniciador de Luče Energy Community es un pionero local que ya instaló un punto de recarga fotovoltaica, eólica y de vehículos eléctricos en casa y que contrató a los vecinos y al municipio de Luče para establecer una comunidad energética, cuyo objetivo es establecer la autosuficiencia y la seguridad del suministro del sistema energético local y mantener el interés de los ciudadanos en los temas de energía y clima, mientras se convierte en el primer comunidad energética en Eslovenia.
- Comunidad energética en California [35]: California ha perseguido agresivamente estrategias para apoyar el despliegue de energía solar con un énfasis especial en programas que sirven a familias de bajos ingresos. California lanzó la campaña Go Solar California en 2007 con el objetivo de desplegar 3 giga-watios de energía fotovoltaica en hogares y empresas para 2016 y se financió con un presupuesto total de \$ 3.3 mil millones durante 10 años, recaudado mediante un cargo por distribución de electricidad. El componente más grande del programa, la Iniciativa Solar de California, o CSI, reservó el 10 por ciento de su presupuesto, o \$ 216 millones, para apoyar la adopción de la energía solar por familias de bajos ingresos. Este presupuesto se divide entre los programas de Vivienda Solar Asequible Unifamiliar y Vivienda Asequible Multifamiliar.
- Comunidad energética en Luisiana [35]: Louisiana carece de un sistema sólido de apoyo público y financiamiento para el despliegue de energía solar de bajos ingresos o cualquier programa de energía estatal específico para los ingresos. Sin embargo, PosiGen, una empresa de arrendamiento de energía solar, ha desarrollado un modelo de arrendamiento de sistemas solares para personas de bajos ingresos que ha instalado con éxito más de 4.000 sistemas desde 2011. El éxito de esta comunidad se basa en el aprovechamiento de créditos y ayudas, relativos a sistemas solares, que existen en el estado.
- Comunidad energética en Colorado [35]: Colorado aprobó la Ley de Jardines Solares Comunitarios en 2010, que permite a los propietarios de viviendas de Colorado comprar acciones de instalaciones solares centralizadas. Los jardines solares comunitarios, o CSG, permiten a los propietarios, que de otra manera no tendrían el espacio necesario en la azotea, comprar energía solar. La legislación de Colorado es única en el sentido de que se dirige a los hogares de bajos ingresos al exigir que el 5 por ciento de la electricidad de cada CSG se reserve para la suscripción de los hogares de bajos ingresos.
- Comunidad energética Windkraft Simonsfeld [36]: La iniciativa comunitaria de energías renovables Windkraft Simonsfeld comenzó a funcionar en 1995. Gracias a los esfuerzos de 107 ciudadanos locales, el proyecto se expandió con un objetivo en mente: impulsar una

"transición energética" que produzca energía verde de propiedad colectiva. Windkraft Simonsfeld tiene 68 centrales eólicas en Austria (con una potencia total de 136 MW) y dos en Bulgaria. La iniciativa se convirtió en una sociedad anónima con más de 1.600 accionistas, de esta manera han puesto la producción de energía en manos de los ciudadanos que la consumen, contribuyendo a trabajar por un futuro más verde para todos.

- Comunidad energética en Sofía [37]: En Sofía, la asociación de propietarios de un bloque de apartamentos ha trabajado en conjunto para instalar una instalación de energía solar en la azotea. Después de 3 años de planificación, las 117 residencias ahora están inscritas en lo que es un proyecto verdaderamente comunitario, con una capacidad de 28,2 kWp. El esquema es el primero de su tipo en Bulgaria y se espera que produzca 35 MWh de electricidad al año, lo que equivale al 5-7% del consumo en el edificio. Los ingresos obtenidos de la instalación se reinvierten localmente, en el mantenimiento del edificio y sus alrededores.
- Comunidad energética en Finlandia [38]: En Karelia los ciudadanos están aportando un espíritu de vecindad a la producción de energía. En 2013, un grupo local realizó un pedido conjunto de equipos de energía solar. Al compartir conocimientos y ayudarse mutuamente, pudieron construir 21 instalaciones solares, con una capacidad máxima de 100 kWp. Durante los próximos 30 años se prevé que produzcan 2.000 MWh, evitando la liberación de aproximadamente 7.000 toneladas de CO₂.