



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio, Diseño y Viabilidad de una Comunidad Energética
en Ambroz

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Acceso desde Grado
I. Mecánica)

AUTOR/A: García Fajardo, José Carlos

Tutor/a: Ribes Greus, María Desamparados

Cotutor/a: Teruel Juanes, Roberto

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

La contaminación en las ciudades, según la Unión Europea (UE), es en gran parte atribuida a los edificios y el transporte. Las emisiones de polución proceden de hogares, negocios, lugares de trabajo, y los desplazamientos en general. Para abordar esta problemática, la UE sugiere llevar a cabo medidas para disminuir el consumo de energía en los edificios y establecimientos. Para conseguir esta transformación energética, entra en juego el papel de las denominadas comunidades energéticas como entidades clave en la eficiente implementación y gestión de fuentes de energía renovables, destacando su papel en la descentralización de la generación, la promoción del autoconsumo, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por todo ello, este Trabajo Fin de Master está alineado con el objetivo de desarrollo sostenible ODS-7. En este contexto, el objetivo principal es estudiar y aplicar una metodología para el diseño e implementación de comunidades energéticas a nivel local. En concreto, se llevará a cabo en la urbanización de un pequeño municipio granadino, la cual cuenta con un total de 23 viviendas adosadas. Para poder cumplir con el objetivo impuesto, será necesario estudiar y aplicar la normativa vigente necesaria para cumplir con lo establecido en la misma. Para ello, en este trabajo se ha realizado un estudio para realizar el diseño, cálculo y viabilidad de la instalación energética necesaria mediante el empleo del software PVsyst ya que es una potente herramienta de cálculo que permite la simulación de las instalaciones a partir de definir las necesidades de las viviendas y el dimensionado de la instalación. Se llevará a cabo un estudio de vigilancia tecnológica del mercado para determinar si ha surgido un tipo de tecnología novedoso que se pueda incorporar a la instalación. Con toda la información, se elaborará un estudio económico de las fuentes de energía renovables instaladas para determinar la viabilidad y así reducir los costes de la instalación al mismo tiempo que se reduce el impacto medioambiental y las emisiones de CO₂ emitidas a la atmósfera. Finalmente, analizando los resultados obtenidos, se podrá destacar la significativa contribución de la comunidad energética para transformar el paradigma actual de generación y consumo de energía con el objetivo de promover la sostenibilidad a nivel local.

RESUM

La contaminació a les ciutats, segons la Unió Europea (UE), és en gran part atribuïda als edificis i el transport. Les emissions de pol·lució procedeixen de llars, negocis, llocs de treball, i els desplaçaments en general. Per a abordar esta problemàtica, la UE suggerix dur a terme mesures per a disminuir el consum d'energia en els edificis i establiments. Per a aconseguir esta transformació energètica, entra en joc el paper de les denominades comunitats energètiques com a entitats clau en l'eficient implementació i gestió de fonts d'energia renovables, destacant el seu paper en la descentralització de la generació, la promoció de l'autoconsum, i la reducció d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle. Per tot això, este Treball Fi de Màster està alineat amb l'objectiu de desenvolupament sostenible *ODS-7. En este context, l'objectiu principal és estudiar i aplicar una metodologia per al disseny i implementació de comunitats energètiques a nivell local. En concret, es durà a terme a la urbanització d'un xicotet municipi granadí, la qual compta amb un total de 23 vivendes adossades. Per a poder complir amb l'objectiu imposat, serà necessari estudiar i aplicar la normativa vigent necessària per a complir amb el que s'establix en esta. Per a això, en este treball s'ha realitzat un estudi per a realitzar el disseny, càlcul i viabilitat de la instal·lació energètica necessària mitjançant l'ús del programari *PVsyst ja que és una potent ferramenta de càlcul que permet la simulació de les instal·lacions a partir de definir les necessitats de les vivendes i el dimensionament de la instal·lació. Es durà a terme un estudi de vigilància tecnològica del mercat per a determinar si ha sorgit un tipus de tecnologia nou que es puga incorporar a la instal·lació. Amb tota la informació, s'elaborarà un estudi econòmic de les fonts d'energia renovables instal·lades per a determinar la viabilitat i així reduir els costos de la instal·lació al mateix temps que es reduïx l'impacte mediambiental i les emissions de CO₂ emeses a l'atmosfera. Finalment, analitzant els resultats obtinguts, es podrà destacar la significativa contribució de la comunitat energètica per a transformar el paradigma actual de generació i consum d'energia amb l'objectiu de promoure la sostenibilitat a nivell local.

ABSTRACT

According to the European Union (EU), city pollution is attributed mainly to buildings and transport. Pollution emissions come from homes, businesses, workplaces, and travel in general. To tackle this problem, the EU suggests reducing energy consumption in buildings and establishments. To achieve this energy transformation, the so-called energy communities as crucial entities in the efficient implementation and management of renewable energy sources come into play, highlighting their role in decentralising generation, promoting self-consumption and reducing greenhouse gas emissions. For all these reasons, this Master's Thesis is aligned with the sustainable development goal SDG-7. In this context, the main objective is to study and apply a methodology for designing and implementing local energy communities. Specifically, it will occur in the urbanisation of a small municipality in Granada, which has 23 townhouses. Studying and applying the current regulations to comply with the provisions will be necessary to meet the objective imposed. Thus, a study has been made to perform the design, calculation and feasibility of the necessary energy installation through the use of PVSyst software, as it is a powerful calculation tool that allows the simulation of the facilities by defining the needs of the homes and the dimensioning of the installation. A market technology monitoring study will be conducted to determine whether a new type of technology has emerged that can be incorporated into the facility. With all the information, an economic survey of the installed renewable energy sources will be prepared to determine the feasibility and thus reduce the installation costs while reducing the environmental impact and CO₂ emissions emitted to the atmosphere. Finally, analysing the results obtained, we can highlight the significant contribution of the energy community to transform the current paradigm of energy generation and consumption with the aim of promoting sustainability at the local level.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de este Trabajo de Fin de Máster. Su apoyo, orientación y aliento han sido fundamentales para lograr este objetivo.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora, *Doña María Desamparados Ribes Greus*, por su paciencia, dedicación y valiosos consejos a lo largo de todo el proceso. Sus comentarios constructivos y su disposición para discutir ideas han sido de gran ayuda. También quiero agradecer a *Don Roberto Teruel Juanes*, por sus valiosas aportaciones y por la gran ayuda y disponibilidad durante todo este tiempo, lo cual enriqueció este trabajo de manera significativa ya que sin él tampoco habría sido posible.

Un agradecimiento especial a mi familia y amigos por su apoyo incondicional; su ánimo constante y respaldo han sido mi mayor fortaleza durante este duro camino.

Finalmente, quiero agradecer a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a esta investigación y a mi formación académica.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

Documento N.º 1: MEMORIA

Documento N.º 2: PRESUPUESTO

Documento N.º 3: PLIEGO DE CONDICIONES

Documento N.º 4: PLANOS

Documento N.º 5: ANEXOS

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1.1. Contaminación generada por los edificios	2
1.1.2. Balance energético en la actualidad.....	3
1.1.3. Surgimiento de las denominadas comunidades energéticas.....	5
1.2 alcance.....	7
1.3 Objetivos	7
CAPÍTULO 2. Fundamentos teóricos y definiciones de la comunidad energética	8
2.1 Definición comunidad energética	8
2.1.1 Quienes pueden formar parte de ellas	9
2.2 Requisitos aplicables a las comunidades energéticas.....	10
2.3. Derechos y Obligaciones	12
2.3.1 Derechos y obligaciones de las comunidades de energía renovables.	12
2.3.2 Derechos y obligaciones de los socios o miembros de las comunidades de energía renovables.....	12
2.4 Historia y evolución	13
2.5 Ejemplos comunidades energéticas actuales.....	14
2.5.1. Experiencias en España	15
2.5.2. Lecciones aprendidas	18
2.6 Expectativas a futuro.....	19
2.7 Fuentes de energía renovables involucradas en las comunidades energéticas	19
2.8 Edificios de emisiones 0	20
CAPÍTULO 3. Normativa aplicable	22
3.1 Europea	22
3.2 Española	23
CAPÍTULO 4. Elección de la zona de actuación	24
4.1 Softwares pvgis y qgis.....	26
4.1.1. QGIS.....	26
4.1.2. PVGIS	27
4.1.3. PVsyst	28
4.2. Justificación de la zona elegida	30

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

CAPÍTULO 5. Renovables elegidas. Vigilancia tecnológica	32
5.1. Energía solar	33
5.2. Energía eólica	36
5.3. Sistema de almacenamiento de la energía eléctrica.....	37
5.4. Fuente de energía renovable seleccionada.....	39
CAPÍTULO 6. Cálculos sobre la zona elegida (paneles solares a instalar, cantidad de energía a obtener)	41
6.1. Superficies disponibles	41
6.2. Restricciones legales	43
6.3. Estimación de la energía demandada de cada una de los edificios involucrados	44
6.4. Diseño y cálculo de la instalación.....	47
6.4.1. Disposición de los paneles.....	48
6.4.2. Diseño del sistema.....	53
6.4.3. Cálculo de las pérdidas totales	56
6.4.4. Autoconsumo	60
6.4.5. Sombreados Cercanos e incidencia del sol en la instalación	61
6.4.6. Resultados obtenidos de la simulación	64
6.5. Punto de conexión a red	68
6.5.1. Protecciones lado Corriente Continua	68
6.5.2. Protecciones Inversor-Viviendas	69
6.5.3. Ubicación de los equipos de la comunidad	70
6.6. Procedimiento Acceso y Conexión a la RdT	71
6.6.1. Normativa aplicable	71
6.6.2. Procedimiento para solicitar el acceso.....	71
6.7. Análisis del impacto Ambiental.....	73
6.8. Gestión de la energía entre los socios participantes	73
Capítulo 7: Estudio económico.....	75
7.1. Estudio de costes de la instalación.....	75
7.2. Estudio de costes de mantenimiento.....	75
7.3. Estudio viabilidad económica y periodo de amortización	76
Capítulo 8. Conclusiones	79
9. Bibliografía.....	80

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Necesidad del presupuesto.....	83
2. Datos del proyecto	83
3. Descripción del proyecto.....	83
4. Componentes del sistema	83
4.1. Paneles Solares.....	83
4.2. Inversores	83
4.3. Cableado y conexiones.....	84
4.4. Protecciones y seguridad	84
5. Servicios de instalación y mano de obra	84
6. Otros costes.....	85
7. Resumen de costes totales.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: www.ecopalabras.com	2
Figura 2. Desglose del consumo de energía primaria en España 2021. Fuente: MITERD.....	4
Figura 3 Ciclo de energía cooperativa. Fuente: cityminded.eu	6
Figura 4. Brooklyn MICROGRID. Fuente: www.brooklyn.energy	14
Figura 5. Ubicación de Ambroz en España y en la provincia de Granada. Fuente: Wikipedia.....	24
Figura 6. Mapa ibérico de alta resolución y velocidad media diaria de Ambroz. Fuente: mapaeolicoiberico	25
Figura 7. Mapa topográfico y de obstáculos de Ambroz. Fuente: topogrphic-map.com	25
Figura 8. Mapa del potencial eléctrico fotovoltaico de la península. Fuente: Solargis.....	26
Figura 9 Logo QGIS. Fuente: Google.....	26
Figura 10. Imagen de las parcelas catastrales de Vegas del Genil y Ambroz. Fuente: elaboración propia	27
Figura 11. Imagen del Azimut para la zona de Ambroz. Fuente: SunEarthTools	28
Figura 12. Software PVsyst. Fuente: Google	29
Figura 13. Ubicación del proyecto. Fuente: Google maps	30

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Figura 14. Vista en 3D y parcelas de cada una de las viviendas. Fuente: Google Maps y elaboración propia	30
Figura 15. Datos catastrales de una de las viviendas de la urbanización. Fuente: sede electrónica del catastro.....	31
Figura 16. Vigilancia tecnológica. Fuente: Google	32
Figura 17. Panel solar transparente. Fuente: onysolar	33
Figura 18. Persianas fotovoltaicas. Fuente: solargasp	34
Figura 19. Tejas solares fotovoltaicas. Fuente: ecovientos.....	35
Figura 20. Pavimentos solares. Fuente: Platiosolar	35
Figura 21. Generadores mini eólicos. Fuente: ecotechgeccai.....	36
Figura 22. Minieólica integrada en los edificios. Fuente: inarquía	37
Figura 23. Horas de luz natural y crepúsculo en Ambroz. Fuente: Weather Spark	39
Figura 24. Superficie cubierta de la vivienda tipo. Fuente: Visor GVA.....	41
Figura 25. Cubiertas disponibles. Fuente: Propia.....	42
Figura 26. Cubierta viviendas aisladas. Fuente: Propia.....	43
Figura 27. Perfil de demanda horaria tarifa 2.OTD. Fuente: REE y elaboración propia	45
Figura 28. Precio PVPC tarifa 2.OTD por horas del 2 al 8 de octubre de 2023. Fuente: REE y elaboración propia	45
Figura 29. Franja horaria de precios de la tarifa 2.OTD. Fuente GSE.....	46
Figura 30. Inclinación y orientación de los paneles optimo. Fuente: PVsyst	48
Figura 31. Paneles fotovoltaicos configurados en Delta-Wing. Fuente: monsolar	49
Figura 32. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar	49
Figura 33. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar	50
Figura 34. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar	50
Figura 35. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar	50
Figura 36. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar	51
Figura 37. Impacto visual de la configuración Delta-Wing. Fuente: monsolar	51
Figura 38. Orientación de la cubierta oeste de las viviendas. Fuente: PVsyst.....	52
Figura 39. Orientación de la cubierta este de las viviendas. Fuente: PVsyst	52
Figura 40. Orientación de la cubierta sur de las viviendas. Fuente: PVsyst.....	53
Figura 41. Panel FV e inversor seleccionado para la viabilidad del proyecto. Fuente: PVsyst.....	54
Figura 42. Resumen de la instalación. Fuente: PVsyst	56
Figura 43. Diagrama unifilar de la instalación. Fuente: PVsyst	56
Figura 44. Factor de pérdidas térmicas de la instalación. Fuente: PVsyst	57

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Figura 45. Diagrama del cableado. Fuente: PVsyst	58
Figura 46. Resistencia total de los circuitos. Fuente: PVsyst.....	58
Figura 47. Pérdidas CA después del inversor. Fuente: PVsyst.....	58
Figura 48. Pérdidas del módulo, LID o por desajuste. Fuente: PVsyst	59
Figura 49. Perdidas por suciedad. Fuente: PVsyst	59
Figura 50. Perfiles de consumos mensuales del total de las viviendas. Fuente: PVsyst	60
Figura 51. Diseño del edificio de la urbanización. Fuente: PVsyst y elaboración propia	61
Figura 52. Diseño en 3D de la urbanización. Fuente: PVsyst y elaboración propia	62
Figura 53. Diseño 3D completo de la urbanización con los paneles instalados en las cubiertas. Fuente: PVsyst y elaboración propia.	63
Figura 54. Sombra causada por la puesta de sol (a) y sombra causada por la chimenea (b). Fuente: PVsyst y elaboración propia.	63
Figura 55. Diagramas de factor de sombreado oeste (a) y este (b). Fuente: PVsyst y elaboración propia.	64
Figura 56. Resumen de resultados. Fuente: PVsyst	64
Figura 57. Diagrama de Pérdidas de la instalación FV. Fuente: PVsyst.....	65
Figura 58. Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura. Fuente: Jinkosolar	66
Figura 59. Esquema instalación protecciones. Fuente: elaboración propia	68
Figura 60. Esquema caja Protecciones para 2 Strings. Fuente: elaboración propia	69
Figura 61. Diseño acometida eléctrica Inversor-Vivienda. Fuente: elaboración propia	69
Figura 62. Ubicación del armario eléctrico. Fuente: google maps.....	70
Figura 63. Procedimiento para Acceso y Conexión a red. Fuente: Red Eléctrica.....	72
Figura 64. Emisiones de CO2 evitadas en un plazo de 30 años. Fuente: PVsyst.....	73
Figura 65. Análisis de la rentabilidad económica. Fuente: propia	78
Figura 66. Análisis de la inversión. Fuente: propia.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de energía primaria en España en 2021 por tecnología renovable.	4
Tabla 2. Consumo por mes y anual. Fuente: Propia.....	44
Tabla 3. consumo anual del total de las viviendas de la urbanización. Fuente: propia.	47
Tabla 4. Balance y resultados principales de la instalación. Fuente: PVsyst.....	67
Tabla 5. Flujo de energía de la instalación. Fuente: propia.....	76

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

GLOSARIO

UE	Unión Europea
GEI	Gases Efecto Invernadero
CEC	Comunidades Energéticas Ciudadanas
CER	Comunidades Energéticas de Renovables
COV	Compuestos orgánicos volátiles
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
NESOI	New Energy Solutions Optimized for Islands).
INE	Instituto Nacional de Estadística
FV	Fotovoltaico
CC	Corriente Continua
CA	Corriente Alterna

Documento N.º 1: MEMORIA

CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, se ha producido un incremento en el precio de la energía eléctrica de más del 200% respecto años anteriores debido a circunstancias socioeconómicas y geopolíticas que están teniendo lugar en la actualidad. Es por ello, que se ha incrementado la implementación de las fuentes de energía renovables como forma de abastecimiento energético, debido un encarecimiento de los combustibles fósiles y también al aumento de la eficiencia energética.

La creciente producción y adopción de energía renovable juega un papel crucial en el contexto global del cambio climático. En la última década, hemos sido testigos de un progresivo aumento en la implementación de fuentes de energía sostenibles, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, como parte de la estrategia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los impactos del calentamiento global.

Además, el crecimiento sostenido de la producción de energía renovable no solo es beneficioso a nivel global, sino que también tiene un impacto positivo a nivel local. Las comunidades que optan por invertir en infraestructuras de energía limpia pueden reducir su vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos, mejorar la calidad del aire y promover una economía más dinámica y competitiva.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Si observamos el gráfico adjunto (Figura 1) donde se muestran las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en España durante el año 2020, las emisiones producidas por los hogares representan el 20,9% del total, es decir, supone 1/5 de la cantidad total de GEI que se liberan a la atmósfera, por encima de sectores como el agrícola y transporte.

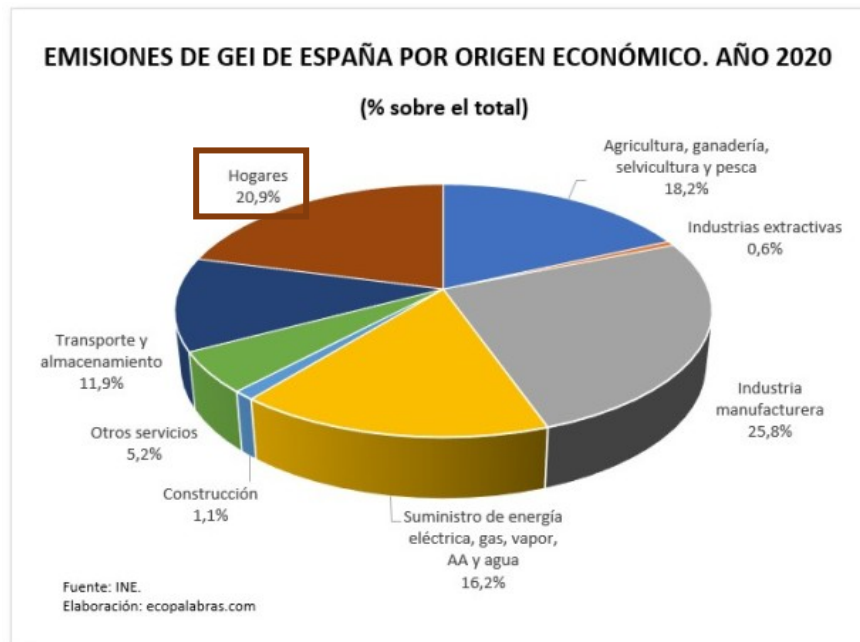


Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: www.ecopalabras.com

1.1.1. Contaminación generada por los edificios

La contaminación generada por los edificios puede abordarse desde diversas perspectivas técnicas, considerando los diferentes impactos ambientales y emisiones asociadas a su construcción, operación y demolición. Algunos de los aspectos más relevantes son los siguientes:

1. *Emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero:* Estas emisiones provienen principalmente del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y electrodomésticos. Los edificios que utilizan combustibles fósiles para la generación de energía, como el gas natural o el petróleo, tienen un mayor impacto en la huella de carbono.
2. *Consumo de energía:* Los edificios son grandes consumidores de energía, lo que se traduce en una mayor demanda de recursos naturales y en emisiones asociadas a la generación de electricidad. La falta de eficiencia energética en los edificios puede aumentar aún más su impacto ambiental.
3. *Contaminación del aire interior:* Los materiales de construcción, el mobiliario y los productos químicos utilizados en los edificios pueden liberar compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

contaminantes, lo que afecta la calidad del aire interior y puede tener efectos adversos en la salud de los ocupantes.

4. *Gestión de residuos:* La construcción y demolición de edificios generan grandes cantidades de residuos, que incluyen escombros y materiales no reciclables. La gestión inadecuada de estos residuos puede contribuir a la contaminación del suelo y del agua.

Para mitigar la contaminación generada por los edificios, es fundamental adoptar medidas de diseño sostenible y eficiencia energética, así como promover el uso de materiales y tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente. La implementación de prácticas de construcción verde y el uso de fuentes de energía renovables pueden contribuir significativamente a reducir el impacto ambiental de los edificios y avanzar hacia un entorno construido más sostenible.

En resumen, la forma en que se gestiona el balance energético de un grupo de edificios puede marcar una diferencia significativa en el medio ambiente. Mediante la adopción de prácticas de energía limpia, eficiencia energética y gestión inteligente, es posible reducir el consumo de energía, minimizar las emisiones de gases contaminantes y promover un entorno construido más sostenible y amigable con el medio ambiente.

1.1.2. Balance energético en la actualidad

El consumo de energía primaria en España durante 2021 alcanzó los 117.526 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), lo que supuso un aumento del 6,0% respecto a 2020, como efecto de la recuperación económica tras la pandemia Covid-19 y el consiguiente crecimiento de la demanda final de energía, producto tras las medidas de restricción de la actividad sufridas en 2020.

En el año 2021, se observaron cambios significativos en el consumo primario de energía, con un aumento destacado en la participación de los productos petrolíferos y el gas natural. El consumo de productos petrolíferos experimentó un incremento del 10,0% en comparación con el año anterior, alcanzando un total de 50.271 ktep. Este aumento se atribuyó a la supresión de las medidas de restricción de la movilidad que tuvieron lugar en 2020, lo que impulsó la demanda de combustibles derivados del petróleo.

Por otro lado, el gas natural también mostró un crecimiento del 5,4% en su aportación al consumo primario de energía, totalizando 29.417 ktep. Este aumento estuvo impulsado principalmente por una mayor demanda de gas natural para la generación eléctrica, debido al significativo aumento de su precio de mercado a lo largo de 2021. En contraste, el consumo de carbón apenas experimentó variación en relación con 2020, siendo arrastrado por su uso en la generación eléctrica durante el último cuatrimestre del año, en detrimento de las centrales consumidoras de gas natural.

En cuanto a la energía procedente de fuentes renovables, se ha observado que el consumo de energía primaria aumentó en un 7,2% respecto al año anterior, alcanzando 19.437 ktep. Dentro de las fuentes de energía renovables, la energía eólica y la solar fotovoltaica lideraron este crecimiento con incrementos del 10,0% y 39,9%, respectivamente.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Estos resultados reflejan una tendencia hacia un mayor consumo de productos petrolíferos y gas natural, influenciado por la recuperación de la movilidad y la creciente demanda de generación eléctrica. Mientras tanto, la energía renovable continúa demostrando un crecimiento positivo, lo que indica un creciente interés por fuentes limpias y sostenibles de energía.

En conclusión, los cambios en el consumo primario de energía en 2021 subrayan la importancia de seguir fomentando el uso de fuentes de energía renovables, para lograr una mayor sostenibilidad, y reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables con alto impacto ambiental. Estos hallazgos proporcionan una base para futuras investigaciones y políticas destinadas a una transición energética más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

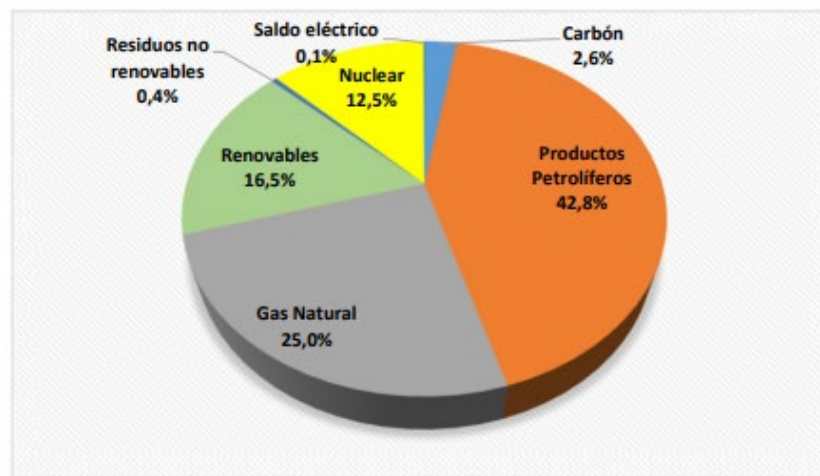


Figura 2. Desglose del consumo de energía primaria en España 2021. Fuente: MITERD

Tabla 1. Consumo de energía primaria en España en 2021 por tecnología renovable.

Tecnología	ktep	Δ 2021/2020 (%)
Hidráulica	2.547	-2,90%
Eólica	5.336	10,00%
Solar fotovoltaica	1.885	39,90%
Solar térmica	2.370	3,60%
Energía del mar	1,6	-29,60%
Geotérmica	0,2	0,00%
Biomasa	5.278	4,50%
Biogases	326	0,80%
RSU (renovables)	283	20,00%
Biocombustibles	1.409	0,20%

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

En el año 2021, se observaron cambios significativos en el consumo de energía primaria, destacando el incremento en el uso de tecnologías renovables. La energía solar termoeléctrica experimentó un aumento del 3,6%, impulsada por un incremento en la radiación solar. Por su parte, la energía solar fotovoltaica experimentó un impresionante crecimiento del 39,9% durante el mismo periodo. Este incremento se atribuyó tanto a la mayor radiación solar como al pleno funcionamiento de las plantas fotovoltaicas instaladas en el año anterior.

Además, se registró un aumento generalizado en la potencia instalada en tecnología eólica, en particular, incrementó su potencia instalada, lo que contribuyó a un crecimiento del 10,0% en su participación en el mix de consumo primario de energía en 2021.

Estos cambios en la generación y consumo de energía eléctrica han impulsado el surgimiento de nuevas tecnologías y sistemas para adaptarse a esta evolución. En este contexto, los consumidores finales están asumiendo un papel cada vez más relevante al tomar la iniciativa en la gestión de su propia energía.

La transición hacia una mayor utilización de energía renovable se ha convertido en una pieza clave en el esfuerzo global para combatir el cambio climático, dado que estas fuentes energéticas generan una cantidad significativamente menor de emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes en comparación con los combustibles fósiles convencionales. La sustitución progresiva de fuentes de energía altamente contaminantes por alternativas más limpias y sostenibles no solo contribuye a reducir la huella de carbono, sino que también fortalece la resiliencia frente a los efectos adversos del cambio climático.

1.1.3. Surgimiento de las denominadas comunidades energéticas

En los últimos años, la transición hacia un sistema energético más sostenible y descentralizado ha adquirido una creciente relevancia a nivel global. En respuesta a este desafío, han surgido las comunidades energéticas como una solución innovadora que se fundamenta en la colaboración y participación activa de los usuarios. Estas comunidades buscan producir, consumir y comercializar energía renovable a nivel local, promoviendo así la eficiencia energética, la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, tienen el potencial de fortalecer la economía local y mejorar la resiliencia energética de las comunidades.

En el contexto de la transición energética, las comunidades energéticas emergen como un recurso prometedor para avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo. Fomentar la creación de más comunidades energéticas se convierte en una prioridad por diversas razones:

En primer lugar, estas comunidades impulsan una transición hacia un sistema energético más sostenible y descentralizado, otorgando a los usuarios un papel activo en la generación y gestión de la energía que consumen. Con ello, se reduce la dependencia de la energía procedente de los recursos fósiles y se aumenta el uso de fuentes limpias y renovables, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

En segundo lugar, el desarrollo de comunidades energéticas tiene un impacto positivo a nivel local. Se promueve la producción y consumo de energía a nivel local, se generan oportunidades de empleo y crecimiento económico para las pequeñas y medianas empresas. Además, al reducir la dependencia de combustibles fósiles importados, se fortalece la economía local y se mejora la seguridad energética.

Por último, las comunidades energéticas también contribuyen a mejorar la resiliencia energética de las comunidades. Al descentralizar la producción de energía, se reducen los riesgos de interrupciones en el suministro energético, lo que puede resultar especialmente importante en situaciones de desastres naturales o eventos climáticos extremos.

En conclusión, en la actualidad, la creación de comunidades energéticas se presenta como una estrategia valiosa para impulsar la transición hacia un sistema energético más sostenible, reforzar la economía local y mejorar la resiliencia energética. Estas comunidades permiten una mayor participación ciudadana en la gestión y aprovechamiento de energía procedente de fuentes renovables, sentando las bases para un futuro energético más equitativo y amigable con el medio ambiente. Su promoción y desarrollo deben ser considerados como una prioridad en la agenda de políticas energéticas para avanzar hacia un horizonte más prometedor de sostenibilidad y bienestar colectivo.



Figura 3 Ciclo de energía cooperativa. Fuente: cityminded.eu

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1.2 alcance

En este contexto, el principal alcance de este Trabajo fin de Máster TFM busca:

1. Reducir entre un 30%-50% el gasto energético a través del contrato de energía verde, la eficiencia energética y el autoconsumo compartido.
2. Reducir la huella de carbono (emisiones de CO₂) derivadas del uso de energía fósil
3. Democratizar el sistema energético, dejar de depender de las grandes eléctricas.
4. Ser parte activa del cambio e impulsar una innovación responsable.

1.3 Objetivos

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) tiene como objetivo central el estudio, diseño, implementación y fomento de comunidades energéticas ciudadanas a nivel local. Para poder llevarlo a cabo, se ha escogido el municipio granadino de Ambroz para el proyecto.

El propósito primordial de esta iniciativa es empoderar a los ciudadanos y fomentar su participación activa en el ámbito energético, promoviendo así la adopción de fuentes de energía renovable, el ahorro energético y la eficiencia, además de impulsar el desarrollo de soluciones energéticas locales y responsables.

Por ello, los objetivos parciales necesarios para lograr el objetivo principal son:

1. Recopilación y estudio de la normativa más relevante y actualizada en materia de autoconsumo de energía eléctrica.
2. Analizar y valorar la implementación de un concepto tan novedoso y poco implementado en la actualidad.
3. Definir las necesidades de los edificios que van a formar parte de la comunidad energética, así como la estructuración de las partes generadoras y consumidoras de energía eléctrica.
4. Realizar vigilancia tecnológica para una posible implementación en los edificios participantes en la comunidad energética.
5. Estudio económico de la implementación de las fuentes de energía renovable utilizadas en el proyecto
6. Viabilidad, reducción de costes e impacto medioambiental.
7. Selección de la solución más eficiente.
8. Exponer las conclusiones obtenidas en el proyecto.

CAPÍTULO 2. Fundamentos teóricos y definiciones de la comunidad energética

2.1 Definición comunidad energética

Una comunidad energética se concibe como una entidad legal conformada por miembros residentes en proximidad a proyectos de energía renovable, los cuales son propiedad de la propia comunidad y se han desarrollado mediante la participación abierta y voluntaria de sus integrantes. Los asociados pueden ser personas físicas, pequeñas y medianas empresas (pymes) o autoridades locales, incluyendo municipios, con el propósito fundamental de brindar beneficios ambientales, económicos o sociales a los miembros de la comunidad o a las áreas locales en las que operan, en lugar de buscar la obtención de ganancias financieras. Además, las agrupaciones o asociaciones de personas físicas, pymes o autoridades locales también pueden unirse como socios siempre que cumplan con los requisitos anteriores y sus efectivos y límites financieros no excedan los establecidos para las pymes.

Las comunidades energéticas pueden adoptar cualquier forma legal que disponga de personalidad jurídica propia, siempre y cuando cumplan con los requisitos que se establecen más adelante.

Los estatutos de las comunidades energéticas deben cumplir con la normativa aplicable a la forma jurídica elegida y recoger los principios y requisitos establecidos. Además, el objeto social contenido en los estatutos debe ser coherente con la definición de comunidad energética.

Existen actualmente dos conceptos relacionados con las Comunidades Energéticas:

- Comunidades Energéticas Ciudadanas (CECs)
- Comunidades Energéticas de Renovables (CERs)

Las Comunidades Energéticas Ciudadanas y las Comunidades Energéticas de Renovables son dos conceptos relacionados con la gestión y producción de energía, pero tienen diferencias importantes en su enfoque y alcance. A continuación, se describen las diferencias principales entre ambos tipos de comunidades:

1. Definición:

- Comunidades Energéticas Ciudadanas: Las CECs son agrupaciones de ciudadanos, hogares, empresas locales y organizaciones comunitarias que se unen para gestionar de forma colectiva y participativa la producción, consumo y distribución de energía renovable dentro de una comunidad específica. El objetivo principal de las CECs es empoderar a los ciudadanos y fomentar su participación activa en el sector energético, promoviendo la generación de energía limpia y sostenible.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- Comunidades Energéticas de Renovables: Las CERs se enfocan principalmente en la producción y gestión de energía renovable, sin necesariamente tener un enfoque exclusivo en la participación ciudadana. Estas comunidades pueden estar compuestas por empresas, entidades públicas o privadas, y tienen como objetivo principal aumentar la generación y uso de energía renovable en una región o localidad determinada.

2. Participación y Propiedad:

- CECs: Las CECs promueven la participación activa de los ciudadanos y fomentan la propiedad comunitaria de los proyectos energéticos. Los miembros de la comunidad pueden participar en la toma de decisiones, invertir en los proyectos y beneficiarse directamente de la energía generada.
- CERs: Las CERs pueden ser desarrolladas y gestionadas por entidades públicas o privadas, con una participación limitada o nula de los ciudadanos en la propiedad o toma de decisiones. Estas comunidades pueden enfocarse más en aspectos técnicos y económicos de la generación de energía renovable.

3. Objetivos y Beneficios:

- CECs: Los objetivos de las CECs suelen incluir el fomento de la independencia energética local, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el apoyo a la economía local y la promoción de un modelo energético más justo y sostenible.
- CERs: Las CERs se centran principalmente en aumentar la capacidad de generación de energía renovable y reducir la dependencia de combustibles fósiles en una región específica. Si bien también pueden contribuir a objetivos de sostenibilidad, su enfoque puede ser más técnico y centrado en el suministro energético.

En resumen, las Comunidades Energéticas Ciudadanas son agrupaciones ciudadanas participativas que buscan gestionar colectivamente la energía renovable a nivel local, mientras que las Comunidades Energéticas de Renovables (CERs) se centran principalmente en aumentar la generación de energía renovable en una región sin necesariamente tener un enfoque comunitario o participativo. Ambos enfoques tienen como objetivo principal promover una transición hacia una energía más limpia y sostenible, pero difieren en su alcance y en cómo involucran a los ciudadanos y la comunidad local en el proceso.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, para el objetivo deseado del proyecto, nos basaremos en las Comunidades Energéticas Ciudadanas.

(Referencia: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). *Guía para el desarrollo de instrumentos de fomento de comunidades energéticas locales*)

2.1.1 Quienes pueden formar parte de ellas

En general, cualquier persona física, empresa o institución que se encuentre dentro del territorio donde se establece la comunidad energética puede formar parte de ella. En algunos países, como España, existen regulaciones específicas que establecen los requisitos y condiciones para la creación y

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

funcionamiento de las comunidades energéticas, pero en general, se busca la inclusión de diferentes actores y la participación activa de la ciudadanía en la gestión y toma de decisiones en torno a la producción, consumo y distribución de energía renovable. Además, se busca fomentar la colaboración entre diferentes entidades y promover la transición hacia un sistema energético más sostenible y descentralizado.

Las comunidades energéticas generalmente están abiertas a la participación de diversas entidades, incluyendo:

1. **Personas físicas:** Los individuos que residan en la zona de influencia de la comunidad energética pueden formar parte de ella. Esto incluye a los residentes locales que deseen colaborar en la generación y consumo de energía renovable y compartir los beneficios asociados.
2. **Pequeñas y medianas empresas (PYMES):** Las empresas locales de tamaño reducido y medianas que operen en la región también pueden ser socias de la comunidad energética. Su participación puede contribuir a la generación de energía renovable y a la promoción de prácticas empresariales sostenibles.
3. **Autoridades locales y municipios:** Los gobiernos locales y municipales pueden unirse a la comunidad energética como socios, ya que su apoyo y participación son fundamentales para impulsar proyectos de energía renovable a nivel local y para fomentar la transición hacia un sistema energético más sostenible.
4. **Agrupaciones y asociaciones:** Además de personas físicas, pymes y autoridades locales, otras organizaciones y agrupaciones pueden también ser parte de las comunidades energéticas, siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en el marco normativo y estatutos de la comunidad.

2.2 Requisitos aplicables a las comunidades energéticas

Los requisitos para que una comunidad de fuentes de energía renovables sea válida según La Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables:

- a) La comunidad de fuentes de energía renovables debe estar compuesta por un mínimo de cinco miembros o socios.
- b) Una comunidad de fuentes de energía renovables se considerará basada en la participación abierta si cualquier persona física o jurídica de naturaleza pública, privada o público-privada que cumpla con

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

los requisitos exigibles puede ser miembro o socio. No se pueden imponer límites o condiciones injustificadas o discriminatorias.

c) La pertenencia a una comunidad de energía renovable será voluntaria y libre. Cada socio o miembro podrá abandonar la comunidad en cualquier momento de acuerdo con las reglas de altas y bajas establecidas en los estatutos y la normativa aplicable.

d) Las comunidades de fuentes de energía renovables deben mantener su autonomía respecto a los miembros o socios y estar efectivamente controladas por ellos. Se considerará que se incumple este requisito si un solo miembro o socio reúne más del 51% de los votos o si la configuración del régimen aplicable a la toma de decisiones en los estatutos o documento interno atribuye una posición de dominio a ciertos socios en relación con el resto. También se considera incumplido si un solo miembro o socio tiene la facultad de nombrar o destituir a la mayoría de los miembros del órgano de administración.

e) Los socios o miembros de una comunidad de fuentes de energía renovables se considerarán situados en las proximidades de un proyecto energético de dicha comunidad si se cumplen las siguientes condiciones:

i) El proyecto se desarrolla en municipios de hasta 5,000 habitantes: aquellos que sean propietarios de bienes inmuebles, tengan su residencia habitual o sean titulares de un punto de suministro en el municipio donde se desarrolle el proyecto, así como los de municipios directamente colindantes con éste, siempre que la población de éstos considerados individualmente no sea superior a 50,000 habitantes y que la población del conjunto de los municipios, incluyendo aquel en el que se desarrolla el proyecto, no sea superior a 50,000 habitantes.

ii) El proyecto se desarrolla en municipios de entre 5,001 y 50,000 habitantes: aquellos que sean propietarios de bienes inmuebles, tengan su residencia habitual o sean titulares de un punto de suministro en el municipio donde se desarrolle el proyecto.

iii) El proyecto se desarrolla en municipios de más de 50,000 habitantes: aquellos que sean propietarios de bienes inmuebles, tengan su residencia habitual o sean titulares de un punto de suministro en un radio de cinco kilómetros alrededor del emplazamiento del primer proyecto finalizado de la comunidad de energía renovable.

No se permitirá la fragmentación artificial de los proyectos para cumplir fraudulentamente los criterios anteriores. Además, no se permitirán proyectos en diferentes municipios para ampliar el ámbito de la comunidad de energía renovables, debiendo en este caso constituir comunidades independientes. Los socios o miembros de entidades jurídicas que también sean socios o miembros de la comunidad de fuentes de energía renovables deben cumplir con lo establecido en este apartado para cumplir con el criterio

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

2.3. Derechos y Obligaciones

2.3.1 Derechos y obligaciones de las comunidades de energía renovables.

1. Las comunidades de energía renovable, de acuerdo con la normativa sectorial vigente (Directiva 2018/2001, de 11 de diciembre de 2018), tienen el derecho de:
 - a) Producir, consumir, almacenar y vender energía renovable mediante contratos de compra de electricidad renovable.
 - b) Compartir energía renovable producida por unidades de producción propiedad de la comunidad, siempre que se cumplan los requisitos y obligaciones de los miembros de la comunidad y se mantengan como consumidores.
 - c) Acceder a los mercados energéticos adecuados sin discriminación.
 - d) Actuar como representantes de los consumidores para el autoconsumo colectivo, previa autorización de los mismos.
2. Las comunidades de fuentes de energía renovables que proporcionen servicios energéticos comerciales, como suministro de energía o agregación, deberán cumplir con las disposiciones aplicables a dichas actividades.
3. Las comunidades de fuentes de energía renovables estarán sujetas a procedimientos justos, proporcionados y transparentes, como registro y concesión de licencias, y tarifas de red que reflejen los costos, cargos, gravámenes e impuestos correspondientes, contribuyendo equitativamente al costo global del sistema según análisis coste-beneficio transparente de los recursos energéticos distribuidos realizados por las autoridades competentes.
4. Las comunidades de fuentes de energía renovables tendrán derecho a no ser discriminadas en cuanto a sus actividades, derechos y obligaciones como clientes finales, productores, suministradores u otros participantes del mercado.
5. Las comunidades de fuentes de energía renovables podrán adquirir cualquier derecho de uso, explotación u otra naturaleza sobre los activos energéticos de los socios o usuarios que estos hayan vendido, cedido o aportado a la comunidad, incluyendo aquellos que son propiedad de entidades locales.

2.3.2 Derechos y obligaciones de los socios o miembros de las comunidades de energía renovables

1. Los consumidores finales, incluyendo los consumidores domésticos, tienen el derecho a participar en una comunidad de fuentes de energía renovables sin estar sujetos a condiciones injustificadas o discriminatorias. La participación debe ser accesible a todos los consumidores,

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

incluyendo a los hogares con bajos ingresos o vulnerables, y no constituir la principal actividad comercial o profesional de las empresas privadas.

2. Los consumidores que participen en una comunidad de fuentes de energía renovables tienen derecho a recibir un trato equitativo y no discriminatorio.
3. Los socios o miembros de una comunidad de fuentes de energía renovables tienen el derecho de abandonar libremente la comunidad, siempre y cuando se cumplan los requisitos temporales y de comunicación previa establecidos en los estatutos de la comunidad. La pérdida de la condición de socio o miembro puede llevar aparejada la recuperación de las aportaciones en concepto de inversiones, en los términos que establezcan los estatutos reguladores de la comunidad.
4. Todos los socios o miembros de una comunidad de fuentes de energía renovables tienen derecho a participar en la toma de decisiones de la comunidad, según los términos que se recojan en los estatutos de la misma.
5. Los socios o miembros de una comunidad de fuentes de energía renovables que operen en el sector eléctrico estarán sujetos a los derechos y obligaciones previstos en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico y su normativa de desarrollo.
6. Los socios o miembros de las comunidades de fuentes de energía renovables estarán sujetos a los derechos y obligaciones establecidos en los estatutos o normas de régimen interno de cada entidad, además de lo dispuesto en este capítulo.

2.4 Historia y evolución

La historia y evolución de las comunidades de energía renovable se remonta a las primeras décadas del siglo XXI, cuando la energía renovable comenzó a ser vista como una alternativa a la generación centralizada de energía. El concepto de las comunidades de energía renovable surgió como una forma de democratizar la energía y de involucrar a las comunidades locales en la transición energética hacia fuentes más sostenibles.

Según un artículo publicado en la revista *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Bunzeck y Rösch, 2021), el término "comunidad de energía" se introdujo por primera vez en la Directiva 2018/2001 de la Unión Europea (UE) sobre energía renovables, que estableció el marco legal para la creación de comunidades de energía renovable. La directiva definió una comunidad de energía renovable como "una entidad jurídica basada en la participación abierta y voluntaria, autónoma y efectivamente

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

controlada por socios o miembros que estén situados en las proximidades de los proyectos de fuentes de energía renovables que sean propiedad de dicha entidad jurídica y que esta haya desarrollado, cuyo objetivo primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde operen, en lugar de ganancias financieras."

Desde entonces, las comunidades de energía renovable han ido evolucionando y ganando terreno en todo el mundo. Según otro estudio publicado en la revista *Renewable Energy* (Schelly et al., 2020), las comunidades de energía renovable han sido más exitosas en Europa, donde se han establecido marcos regulatorios claros y donde existen incentivos financieros para su creación. En países como Alemania, Dinamarca y Austria, las comunidades de energía renovable han demostrado ser una forma eficaz de involucrar a las comunidades locales en la transición energética y de fomentar la innovación en la generación distribuida de energía renovable.

En resumen, las comunidades de energía renovable son una forma innovadora de democratizar la generación de energía renovable y de involucrar a las comunidades locales en la transición energética hacia fuentes más sostenibles. La evolución de las comunidades de energía renovable ha sido impulsada por el marco regulatorio establecido en la Directiva 2018/2001 de la UE, así como por los incentivos financieros y la innovación tecnológica. Referencias científicas utilizadas:

- Bunzeck, I. G., & Rösch, C. (2021). Community energy in Europe: A review of definitions, concepts, and actors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110627.
- Schelly, C., Schuitema, G., & Scarpellini, S. (2020). Community energy in Europe: A review of key trends and issues. *Renewable Energy*, 145, 1062-1078.

2.5 Ejemplos comunidades energéticas actuales

- Brooklyn Microgrid, Nueva York:

Uno de los ejemplos más destacados es el Brooklyn Microgrid, que se encuentra en Brooklyn, Nueva York, Estados Unidos. Este proyecto fue desarrollado por LO3 Energy y se inició en 2016.



Figura 4. Brooklyn MICROGRID. Fuente: www.brooklyn.energy

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

LO3 Energy, una empresa emergente con sede en Nueva York, ha establecido una colaboración estratégica con Siemens Digital Grid y la startup de Siemens, next47, en la implementación del proyecto denominado "Brooklyn Microgrid". Este innovador proyecto tiene como objetivo habilitar a los residentes locales para que puedan generar, consumir y adquirir energía dentro de su propia comunidad, haciendo uso de una plataforma basada en tecnología de cadena de bloques (blockchain).

El enfoque pionero de LO3 Energy se centra en la implementación de sistemas de suministro de energía distribuidos, los cuales se fundamentan en fuentes de generación de energía renovable, con el objetivo primordial de proporcionar una mayor satisfacción al cliente. La compañía busca establecer un modelo energético más sostenible y descentralizado, empoderando a los ciudadanos locales para que participen activamente en la gestión de su consumo energético y promoviendo el uso responsable y eficiente de fuentes renovables.

La plataforma habilitada por blockchain permitirá una gestión transparente y segura de las transacciones energéticas entre los vecinos participantes, fomentando la confianza y la cooperación en el ámbito comunitario. Asegurando la trazabilidad y transparencia en las transacciones de energía, lo que permite a los participantes controlar su consumo y venta de electricidad. Además, el uso de energía renovable local reduce la dependencia de fuentes de energía tradicionales y ayuda a disminuir las emisiones de carbono.

Con la visión de crear un entorno energético más resiliente y comprometido con la protección del medio ambiente, LO3 Energy se sitúa a la vanguardia de la innovación en la industria energética, promoviendo un cambio hacia un sistema de energía más limpio, eficiente y centrado en las necesidades de la comunidad local. Su enfoque en fuentes renovables y la adopción de tecnologías disruptivas como la cadena de bloques, respaldan su compromiso con la sostenibilidad y el progreso hacia una era energética más prometedora y responsable.

2.5.1. Experiencias en España

En primer lugar, es pertinente destacar que el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) presenta en un mapa las comunidades energéticas activas en España en la actualidad. No obstante, es importante tener en cuenta que la información que nos muestra aún requiere una depuración exhaustiva, ya que no diferencia claramente entre Comunidades Energéticas Ciudadanas (CECs) y Comunidades Energéticas de Renovables (CERs), ni tampoco considera los distintos grados de madurez de los proyectos. Además, incluye otros proyectos que no están directamente relacionados con las comunidades energéticas.

Asimismo, se observa una falta de información relevante en algunos proyectos y se mencionan iniciativas que no se encuentran debidamente listadas como comunidades energéticas.

En vista de lo anterior, a continuación, se procede a identificar los proyectos que se consideran más destacados y dedicados a promover las comunidades energéticas ciudadanas. Estos proyectos abarcan

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

todos los aspectos necesarios o aspectos específicos imprescindibles para un desarrollo adecuado de las comunidades energéticas.

- **Comptem**, primera comunidad energética local de España:

La cooperativa eléctrica de Crevillent, conocida como Grupo Enercoop, ha asumido el desafío de aprovechar el recurso autóctono e inagotable del sol, con el propósito de convertir a Crevillent en una destacada comunidad energética local tanto en España como en Europa.

En estrecha colaboración con el Ayuntamiento de Crevillent, y con el valioso respaldo de la Generalitat Valenciana y el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), la cooperativa ha llevado adelante el proyecto denominado "Comptem", cuya abreviatura corresponde a "Comunidad para la Transición Energética Municipal".

Este ambicioso proyecto tiene como eje central la transición hacia fuentes de energía renovable, donde la energía solar juega un papel primordial. La visión de Comptem es establecer un modelo energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, en el cual la comunidad local participe activamente en la generación y gestión de su propia energía. El Grupo Enercoop ha llevado a cabo la implementación de seis instalaciones colectivas en el casco urbano de Crevillent, como parte de su participación en la comunidad energética. Estas instalaciones han sido desplegadas en espacios públicos, siendo cedidos por el ayuntamiento de la localidad para este propósito específico.

Actualmente, el conjunto de seis células de autoconsumo colectivo existentes en el área suma una capacidad de 486 kilovatios pico (kWp) y logra una producción anual de 678 megavatios hora (MWh). Dichas células están siendo conectadas a un total de 600 hogares, a los cuales se suman otros 65 hogares vinculados a la instalación colectiva en la pedanía de El Realengo, en funcionamiento desde el año 2021. La inversión efectuada hasta la fecha ha sobrepasado los 800.000 euros.

El objetivo de la comunidad energética Comptem es expandir aún más sus capacidades y lograr la incorporación de 3,5 megavatios (MW) adicionales de potencia hacia finales del año 2023. Esta ampliación de potencia se distribuirá en diversas infraestructuras de producción basadas en energía solar fotovoltaica.

El empeño demostrado por la comunidad energética Comptem en la expansión de su capacidad de generación de energía renovable, refleja un enfoque visionario y progresivo en la búsqueda de soluciones responsables y respetuosas con el medio ambiente. La meta de sumar 3,5 MW de potencia adicional para finales de 2023 representa un paso significativo hacia un modelo energético más limpio y sostenible, impulsado por la fuerza colectiva de los hogares que participan activamente en esta iniciativa.

- **Mercaenergy**, ubicado en Zaragoza:

Se destaca por su forma de compartir la energía dentro del mismo código catastral, especialmente en un polígono industrial con una capacidad instalada de 5,64 MW, en el cual participan un total de 30 empresas. Las sinergias entre las curvas de consumo de estas empresas y la curva de producción

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

fotovoltaica permiten estimar que un 24% del consumo energético será cubierto mediante autoconsumo. Un aspecto clave es la colaboración estratégica con la Universidad de Zaragoza para el desarrollo y optimización de este proyecto.

▪ **Diputación Foral de Guipúzcoa:**

La Diputación Foral de Guipúzcoa, a través de su Departamento de Medio Ambiente, se encuentra actualmente ejecutando un proyecto que involucra la implementación de comunidades energéticas sobre cubiertas en las localidades de Zumárraga, Larraul y Orexa, las cuales se encuentran en fase de desarrollo. Adicionalmente, se está trabajando en el establecimiento de cooperativas en terrenos en las localidades de Azpeitia (con una capacidad de 1 MW), Zumaia (1 MW) y Donostia (construcción en curso de 2 MW).

En este enfoque, los ayuntamientos participan como socios de cada Comunidad Energética Ciudadana (CEC), y ceden de manera gratuita a estas comunidades el uso de cubiertas municipales por un período de 25 años para la instalación de paneles fotovoltaicos, así como terrenos públicos para la implementación de puntos de recarga. Para formar parte de estas CECs, se requiere una membresía, la cual implica una cuota anual de 50 a 80 euros, además de participar en compras colectivas de electricidad. Tanto residentes como empresas pueden ser miembros, y la forma jurídica adoptada es la de una asociación sin ánimo de lucro.

En una segunda fase del proyecto, se busca ampliar el enfoque a los 21 municipios de la provincia con poblaciones menores a 5,000 habitantes. El objetivo es lograr que para el año 2030, todos los municipios cuenten con sus propias comunidades energéticas en funcionamiento. En el contexto del modelo cooperativo en terrenos, la cooperativa Mondragón juega un papel fundamental a través de su filial, Krean LKS, y se plantea contar con la participación de entre 400 a 500 cooperativistas por instalación. La tecnología fotovoltaica se ubica en terrenos con capacidades entre 1 a 5 MWp, y la contribución financiera requerida oscila entre los 2,500 a 3,500 euros, asegurando un precio fijo para la electricidad durante 25 años. En este escenario, se espera que los miembros permanezcan dentro de la cooperativa hasta la inclusión de un nuevo cooperativista, garantizando la continuidad del proyecto.

▪ **La Palma Renovable:**

Es una iniciativa auspiciada por la organización sin ánimo de lucro del mismo nombre, con el apoyo financiero del Cabildo de La Palma, cuyo objetivo es implementar diversas acciones para reducir la huella de carbono en la isla de La Palma. Entre las acciones destacadas, en nuestro contexto, se encuentra la promoción de una comunidad energética local denominada "Energía Bonita", concebida como una cooperativa insular en colaboración con Ecooo Revolución Local, una cooperativa eléctrica con sede en Madrid. El propósito fundamental de esta cooperativa es la ejecución de proyectos de autoconsumo compartido a través de la red eléctrica. Esta iniciativa, bajo el nombre de "Energía Bonita", está diseñada como una cooperativa de consumidores y usuarios, sin fines lucrativos, donde

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

cada miembro, independientemente de su inversión financiera, tendrá un voto en las decisiones de la asamblea general.

Es importante destacar que este proyecto también recibe financiamiento del programa NESOI (New Energy Solutions Optimized for Islands). Para llevarlo a cabo, se han iniciado dos proyectos piloto, uno en Los Sauces con una capacidad de 100 kW, ubicado en un estanque de la Comunidad de Regantes de Los Sauces, y otro en Los Llanos. Además, se tiene la aspiración de llevar a cabo más proyectos en un futuro cercano.

La estrategia de este proyecto para establecer las comunidades energéticas se basa en inversiones colectivas, las cuales pueden ser realizadas por particulares, empresas y ayuntamientos, con aportaciones que pueden empezar desde 100 euros. Además de su enfoque en la promoción de energía renovable, también se plantea una dimensión social, específicamente relacionada con la lucha contra la pobreza energética.

Debido a la estructura y enfoque de esta iniciativa, basada en inversiones colectivas y la probable formación de una cooperativa, los promotores la consideran más apropiada para ser clasificada como una comunidad energética.

2.5.2. Lecciones aprendidas

A partir de lo previamente expuesto y considerando además las indicaciones proporcionadas por el IDAE en su "Guía para el desarrollo de instrumentos de fomento de comunidades energéticas locales", es posible identificar diversos aspectos fundamentales basados en la experiencia demostrada hasta el momento en este ámbito:

1. Los proyectos que se han llevado a cabo generalmente se originan desde niveles locales y suelen estar respaldados por un liderazgo político y/o técnico significativo.
2. En muchos casos, es necesaria la contribución de fondos públicos para viabilizar estos proyectos.
3. Se observa que en ocasiones la energía no es el único factor motivador para la realización de estos proyectos.
4. El voluntariado, así como la participación de ONGs y asociaciones locales, suelen desempeñar un papel determinante en muchos de estos proyectos.
5. Muchas comunidades recurren a entidades o empresas externas para abordar necesidades tecnológicas, legales e, incluso, para la gestión cotidiana de la comunidad.
6. No obstante, se identifican también obstáculos considerables que pueden dificultar el desarrollo de comunidades energéticas:
 - Inseguridades regulatorias y la complejidad de los procedimientos administrativos.
 - Dificultades económicas no solo para la ejecución de los proyectos, sino también para acceder a la externalización de ciertos servicios y necesidades.
 - Desconfianza entre los miembros de la comunidad, lo que puede impactar en la colaboración y en la adhesión a los objetivos compartidos.

2.6 Expectativas a futuro

Las comunidades de energía renovable tienen un gran potencial para transformar el sistema energético actual y construir un futuro más sostenible y descentralizado. Según un informe de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), se espera que las comunidades de energía renovable tengan un papel cada vez más importante en la transición energética global en los próximos años.

En Europa, la Directiva de fuentes de energía renovables de la UE establece un objetivo para que el 32% del consumo de energía de la UE provenga de fuentes renovables para 2030, y fomenta la participación ciudadana en la producción de energía renovable a través de comunidades energéticas.

Además, varios estudios han demostrado que las comunidades de energía renovable pueden proporcionar beneficios económicos y sociales significativos, como la creación de empleo local, la reducción de la pobreza energética y la mejora de la seguridad energética.

En cuanto al futuro de las comunidades de energía renovable, se espera que la tecnología de energía renovable, como los sistemas de almacenamiento de baterías y los sistemas de gestión de energía, mejoren y se vuelvan más accesibles y asequibles, lo que permitirá a las comunidades de energía operar con mayor eficiencia y confiabilidad. Además, se espera que las políticas y regulaciones de apoyo sigan evolucionando y mejorando para fomentar el desarrollo de las comunidades de energía renovable y su contribución a la transición energética global.

En resumen, se espera que las comunidades de energía renovable tengan un papel cada vez más importante en la transición energética global, proporcionando beneficios económicos, sociales y medioambientales. Se espera que la tecnología y las políticas de apoyo sigan evolucionando y mejorando para fomentar su desarrollo y maximizar su potencial.

2.7 Fuentes de energía renovables involucradas en las comunidades energéticas

Las comunidades energéticas pueden utilizar diferentes tipos de energía renovables, como la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa.

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable más utilizadas en las comunidades energéticas debido a su disponibilidad y bajo costo de instalación. Según un estudio publicado en Renewable Energy, las comunidades energéticas solares pueden ser más rentables que las instalaciones solares individuales, ya que permiten el uso compartido de recursos y la distribución de costos y beneficios entre los miembros de la comunidad.

La energía eólica también es una fuente de energía renovable popular en las comunidades energéticas. Un estudio publicado en Energy Policy muestra que las comunidades energéticas eólicas pueden tener

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

un impacto significativo en la creación de empleo local y el desarrollo económico de las áreas donde se instalan.

La energía hidráulica, aunque menos utilizada, también puede ser una fuente importante de energía renovable en las comunidades energéticas. Un estudio publicado en “Energies” destaca el potencial de las pequeñas centrales hidroeléctricas en las comunidades energéticas, especialmente en zonas rurales.

La energía geotérmica y la biomasa también pueden ser fuentes importantes de energía renovable en las comunidades energéticas, aunque su uso está más limitado geográficamente y puede requerir una inversión inicial mayor.

2.8 Edificios de emisiones 0

Un edificio de emisiones 0, también conocido como edificio de emisiones netas 0 o edificio de energía cero, es una construcción diseñada y construida de manera que su demanda energética anual neta sea igual o menor que la cantidad de energía renovable generada en el propio edificio. En otras palabras, es un edificio que produce la misma cantidad de energía renovable que la que consume, lo que resulta en un balance energético neto igual a cero.

$$\text{Demanda energía} \leq \text{Energía renovable generada}$$

Estos edificios se caracterizan por implementar una serie de estrategias y tecnologías de eficiencia energética para minimizar su consumo energético, al tiempo que incorporan sistemas de generación de energía renovable, como paneles solares fotovoltaicos, turbinas eólicas o sistemas de energía geotérmica, para producir la energía necesaria para satisfacer las necesidades del edificio.

Algunas de las características y prácticas comunes que se encuentran en edificios de emisiones 0 incluyen:

1. **Aislamiento eficiente:** Utilización de materiales y técnicas de aislamiento de alta calidad para reducir la pérdida de calor o frío del edificio.
2. **Ventilación controlada:** Implementación de sistemas de ventilación con recuperación de calor para reducir la demanda de calefacción o refrigeración.
3. **Iluminación y electrodomésticos eficientes:** Uso de equipos y dispositivos de bajo consumo energético, como iluminación LED y electrodomésticos con etiqueta energética de eficiencia.
4. **Diseño pasivo:** Diseño del edificio orientado para aprovechar la luz solar y el viento de manera óptima, lo que reduce la necesidad de energía para calefacción, refrigeración e iluminación artificial.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

5. **Generación de energía renovable:** Instalación de sistemas de energía renovable, como paneles solares, para producir energía localmente y cubrir la demanda energética del edificio.

Un edificio de emisiones 0 es una muestra de compromiso con la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono, ya que no genera emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de energía procedente de fuentes no renovables. Estos edificios son parte importante de los esfuerzos para abordar el cambio climático y avanzar hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

CAPÍTULO 3. Normativa aplicable

3.1 Europea

A continuación, se mencionan algunas de las normativas europeas vigentes que rigen a las comunidades energéticas:

Normativas Europeas:

- Directiva 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa a la promoción de energía procedente de fuentes renovables.
- Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE.
- Directiva 2019/1937 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2019, relativa a la protección de las personas que informen sobre infracciones del Derecho de la Unión.
- Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de junio de 2021, por el que se establecen normas comunes para la comercialización de productos energéticos y por el que se derogan la Directiva 2012/34/UE y los Reglamentos (UE) n.o 604/2010 y (UE) 2016/2286.

- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa a la promoción del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa al mercado interior de la electricidad.
- Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa al mercado interior del gas.
- Reglamento (UE) 2019/941 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativo a la energía de la Unión.
- Reglamento (UE) 2019/943 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre la gobernanza de la Unión de la energía y de la acción por el clima.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

3.2 Española

Normativas españolas:

PROYECTO DE REAL DECRETO POR EL QUE SE DESARROLLAN LAS FIGURAS DE LAS COMUNIDADES DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES Y LAS COMUNIDADES CIUDADANAS DE ENERGÍA.

1. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
 2. Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
 3. Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
 4. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
 5. Ley 3/2020, de 23 de junio, por la que se establecen medidas de impulso a la recuperación económica y social de la Comunidad de Madrid tras el impacto provocado por el COVID-19.
 6. Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre, de medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania y de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad.
-
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
 - Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
 - Ley 24/2015, de 29 de julio, de medidas urgentes para afrontar la emergencia en el ámbito de la vivienda y la pobreza energética.
 - Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.

CAPÍTULO 4. Elección de la zona de actuación

El municipio seleccionado para el presente TFM es Ambroz.

Ambróz es un municipio perteneciente a la Comunidad Autónoma de Andalucía, España. Se encuentra ubicado en la provincia de Granada y perteneciente al municipio de Vegas del Genil, específicamente en la comarca de la Vega de Granada. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) correspondientes al año 2022, la población de Ambróz es de 3.329 habitantes.



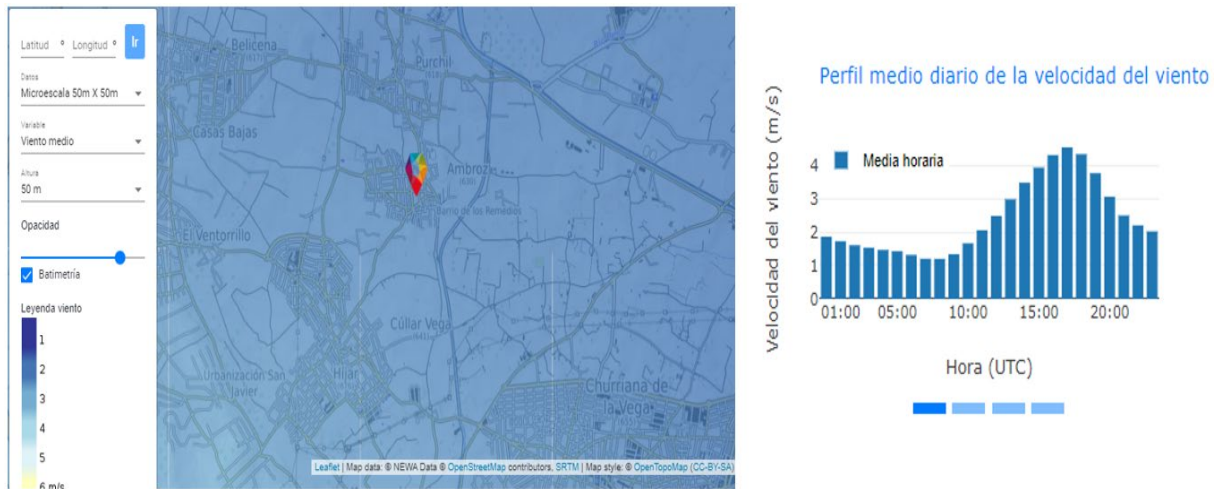
Figura 5. Ubicación de Ambroz en España y en la provincia de Granada. Fuente: Wikipedia

Teniendo en cuenta la localización geográfica en la que se encuentra Ambróz, presenta varias características que la convierten en una buena zona para la instalación de equipos generadores de energía renovables:

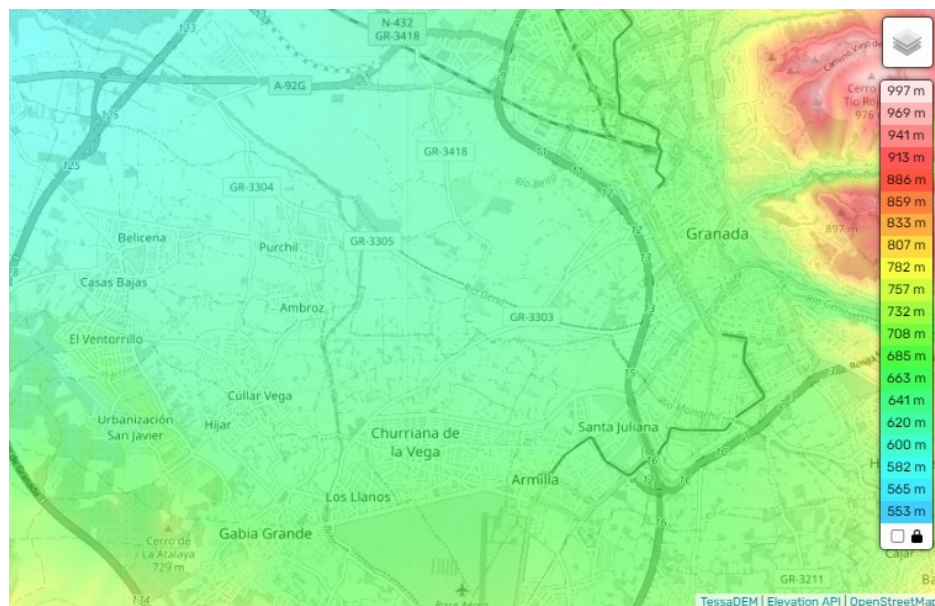
- Radiación Solar: Ambroz se encuentra en Andalucía, una región con una alta cantidad de horas de sol a lo largo del año. La radiación solar es un factor clave para la generación de energía solar, ya que cuantas más horas de sol reciba una zona, mayor será la cantidad de energía que se puede captar y convertir en electricidad.
- Clima: El clima mediterráneo de Ambroz, con inviernos suaves y húmedos y veranos cálidos y soleados, crea condiciones propicias para la generación solar continua. Aunque las temperaturas pueden ser elevadas en verano, esto también puede aumentar la eficiencia de los paneles solares, ya que su rendimiento puede ser mayor en climas más fríos.
- Velocidad del Viento: La velocidad del viento es un factor crucial para la generación de energía eólica. Ambroz podría tener vientos consistentes y adecuados para la operación eficiente de

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

aerogeneradores. Los lugares con velocidades del viento promedio más altas suelen ser ideales para este tipo de instalaciones.



- Topografía y Obstáculos: Según la topografía de Ambroz, en sus alrededores no hay la presencia de colinas o zonas abiertas que puedan influir en la circulación del viento y en la generación de vientos constantes y sin obstáculos como se puede observar en el mapa topográfico. Las áreas con terrenos abiertos y pocos obstáculos físicos, como edificios o árboles altos, son propicias para la instalación de aerogeneradores.



ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Es por ello que, si se analiza el municipio en función de los puntos comentados anteriormente, se puede observar en la imagen adjunta que se posee un alto potencial eléctrico fotovoltaico promedio diario y anual, haciendo que sea una zona geográfica muy óptima para la instalación de esta energía.

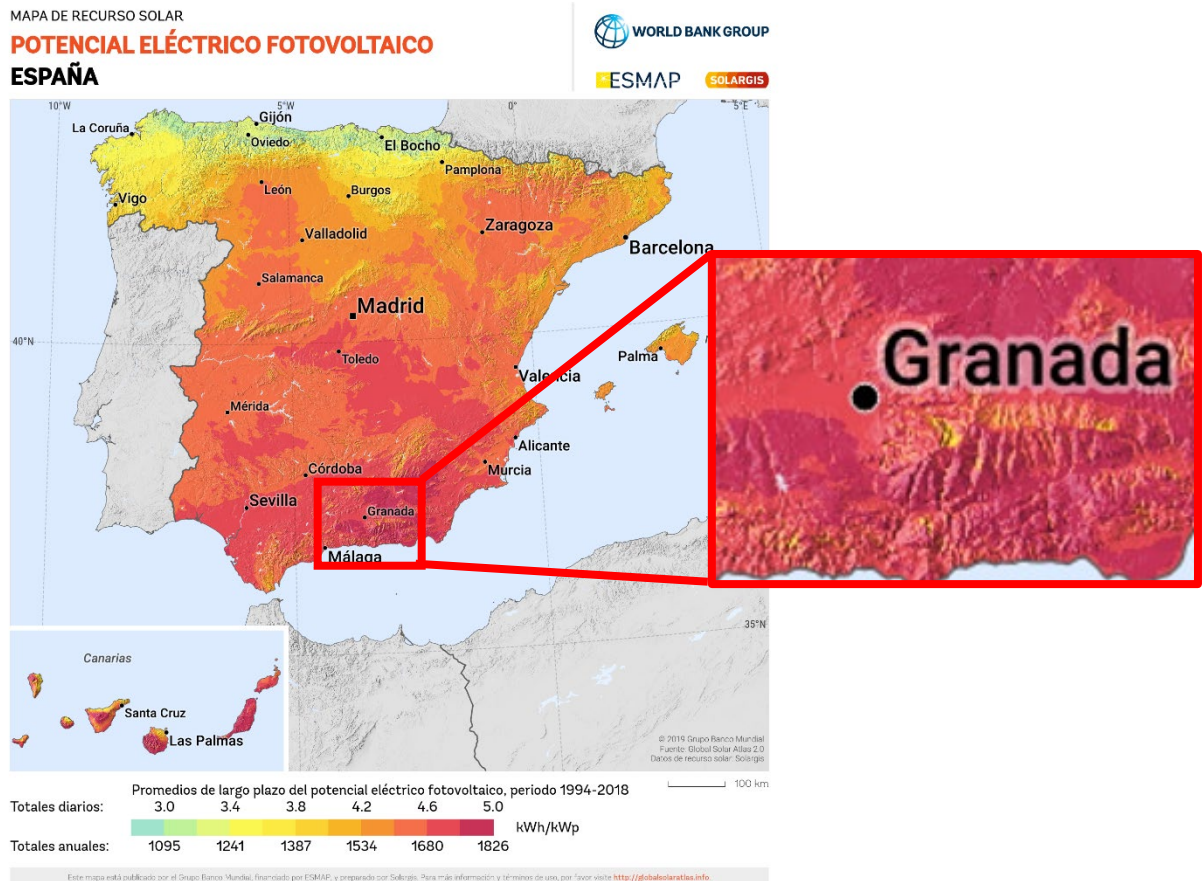


Figura 8. Mapa del potencial eléctrico fotovoltaico de la península. Fuente: Solargis

4.1 Softwares pvgis y qgis

Para la visualización de los mapas necesarios para el proyecto se va a emplear las siguientes herramientas:

4.1.1. QGIS

QGIS (Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto y gratuito. Esta herramienta de software permite visualizar, analizar y gestionar datos geoespaciales en forma de mapas interactivos y capas de información.



Figura 9 Logo QGIS. Fuente: Google

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Mediante este software podremos visualizar la zona en concreto que queremos estudiar para la implantación de la comunidad energética:

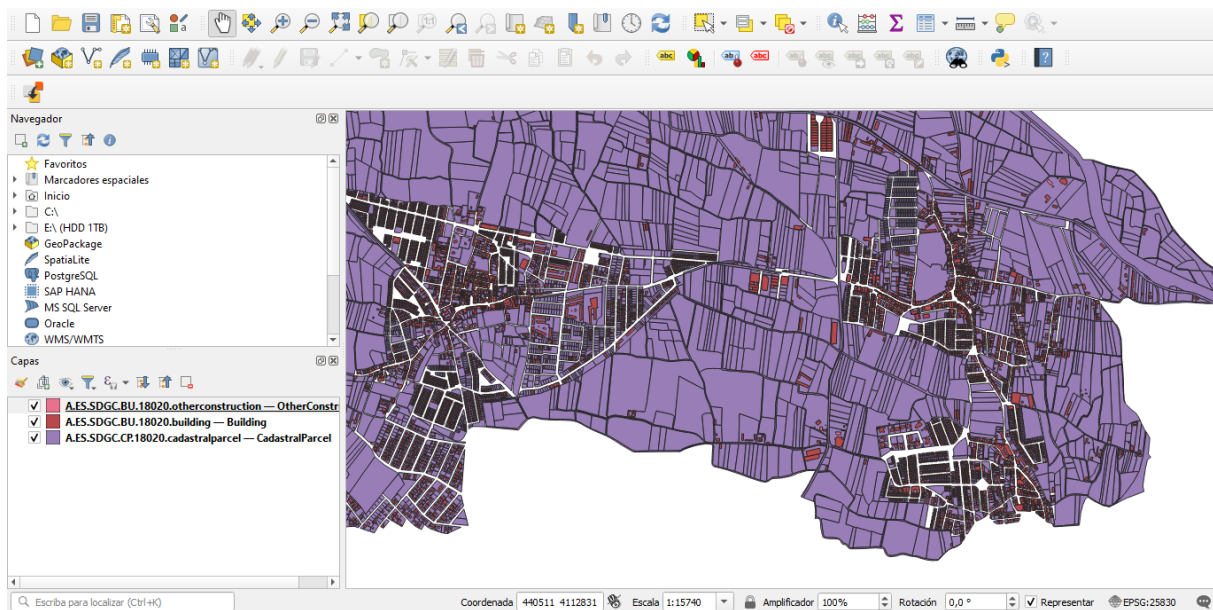


Figura 10. Imagen de las parcelas catastrales de Vegas del Genil y Ambroz. Fuente: elaboración propia

4.1.2. PVGIS

Teniendo en cuenta la posición geográfica donde se va a llevar cabo la instalación de la comunidad energética y con el fin de sacar el máximo rendimiento a las placas fotovoltaicas, se ha calculado el azimut de la zona para la instalación óptima de las placas según el ángulo de incidencia del sol.

Se ha utilizado el software online desarrollado por la Unión Europea, PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) y la herramienta SunEarthTools para llevar a cabo los cálculos sobre el posicionamiento del sol y así determinar la orientación y ángulo óptimos para la instalación de las placas, como se muestra en la siguiente figura:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

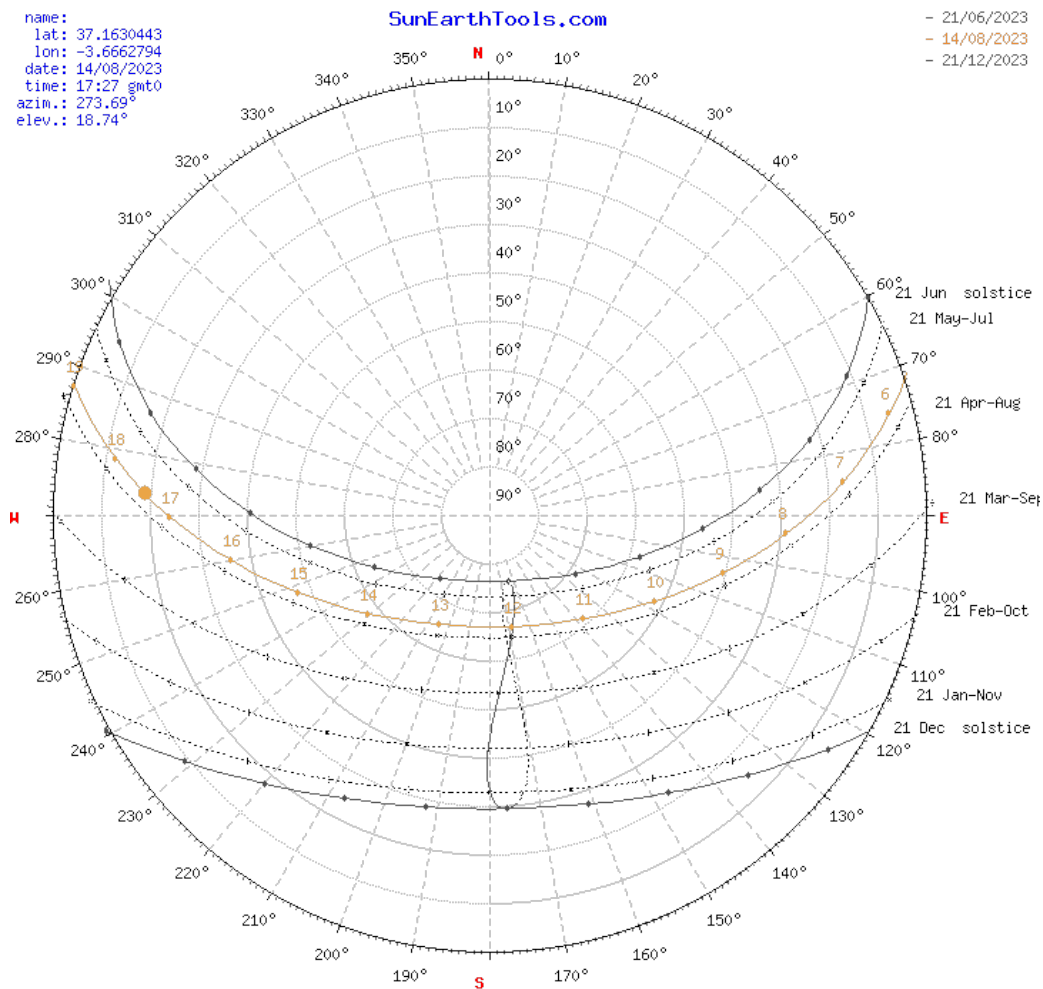


Figura 11. Imagen del Azimut para la zona de Ambroz. Fuente: SunEarthTools

Esta herramienta de PVGIS facilita el análisis del rendimiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, lo que implica que será un sistema que no dispondrá de baterías de almacenamiento de los excedentes de energía ya que estos se inyectarían a la red. El cálculo se basa en datos de consumo eléctrico a lo largo del día, lo que permite simular el flujo de energía hacia los usuarios.

4.1.3. PVsyst

PVsyst es una herramienta de software especializada en el diseño y análisis de sistemas de energía solar fotovoltaica mediante la cual se puede abordar:

1. Diseño Fotovoltaico:

- Configuración de Sistemas: PVsyst permite a los usuarios diseñar sistemas solares fotovoltaicos de manera detallada, especificando la ubicación, la orientación y la inclinación de los paneles solares.
- Selección de Componentes: Facilita la elección de módulos solares, inversores y otros componentes del sistema.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

2. Análisis de Rendimiento:

- Realiza simulaciones detalladas del rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones meteorológicas.
- Toma en cuenta la radiación solar, la temperatura, la sombra y otros parámetros.
- Predicciones de Producción: Proporciona estimaciones precisas de la producción de energía del sistema a lo largo del tiempo.

3. Sombras y Pérdidas:

- Análisis de Sombras: Evalúa cómo las sombras de objetos circundantes afectan la producción de energía.
- Pérdidas: Identifica y cuantifica pérdidas potenciales del sistema, como las pérdidas por temperatura y las pérdidas por cableado.

4. Análisis Financiero:

- Costos: Permite estimar los costos iniciales del sistema, incluyendo equipos y mano de obra.
- Análisis Financiero: Evalúa la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo, considerando los costos iniciales, el mantenimiento y la producción de energía.

5. Compatibilidad e Informes:

- Compatibilidad con Datos Meteorológicos: Puede integrar datos meteorológicos específicos de la ubicación del proyecto.
- Generación de Informes: Proporciona informes detallados sobre el diseño y el rendimiento del sistema.

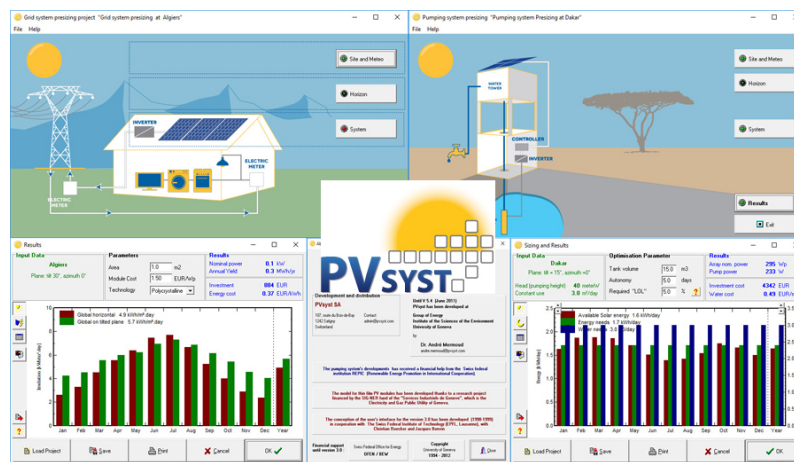


Figura 12. Software PVsyst. Fuente: Google

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

4.2. Justificación de la zona elegida

La zona de actuación donde se va a desarrollar la comunidad energética para la instalación de la comunidad energética se encuentra en la zona sur de Ambroz. Se trata de un barrio residencial de casas adosadas, más concretamente, ubicadas a lo largo de una vía sin salida. En la figura 13 se muestra una imagen aérea de la ubicación del proyecto.



Figura 13. Ubicación del proyecto. Fuente: Google maps

La comunidad energética estaría compuesta por un total de 23 viviendas, 21 de ellas son edificios adosados de iguales dimensiones de parcela y diseño de vivienda, y las dos restantes que se encuentran al inicio de la calle que poseen una geometría distinta a las anteriores. Las viviendas están orientadas hacia el este y oeste, pero gracias a que disponen de una cubierta a cuatro aguas, permite la instalación de las placas en cualquiera de las vertientes (al encontrarse en el hemisferio norte, lo ideal sería orientarlas hacia el sur, si no es posible, hacia el sureste o suroeste también puede ser eficiente).

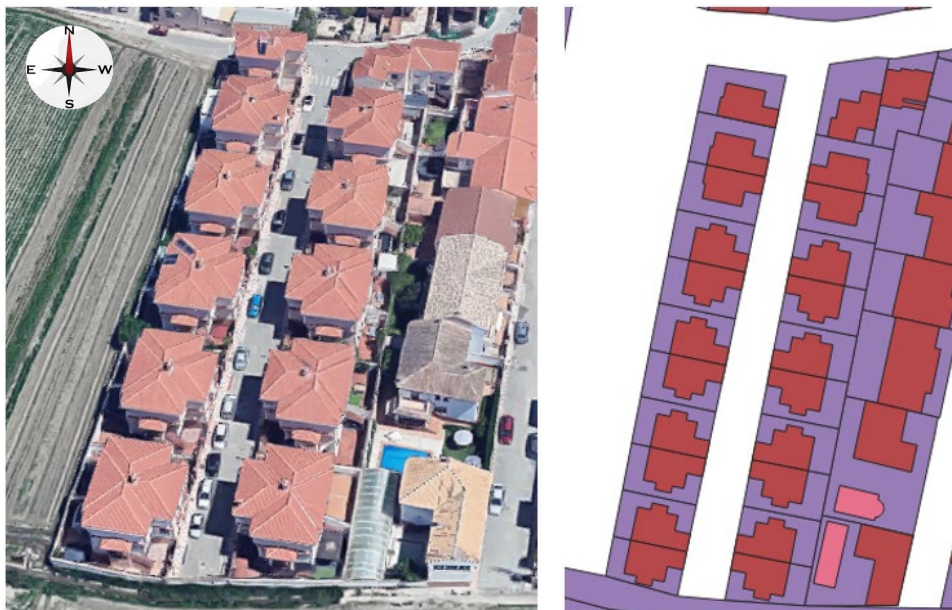


Figura 14. Vista en 3D y parcelas de cada una de las viviendas. Fuente: Google Maps y elaboración propia

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Según los datos administrativos que se muestran en la sede electrónica del catastro, las parcelas de cada una de las viviendas cuentan con una superficie gráfica de 134 m², contando con una superficie construida de 182 m², siendo viviendas destinadas al uso residencial construidas en el año 2005.

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	
Referencia catastral	1134319VG4103D0001AH  
Localización	CL PEDRO DE MENA (AM) 8 18102 VEGAS DEL GENIL (GRANADA)
Clase	Urbano
Uso principal	Residencial
Superficie construida 	182 m ²
Año construcción	2005

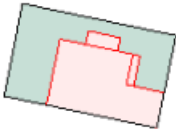
PARCELA CATASTRAL	
	<p>Parcela construida sin división horizontal</p> <p>Localización CL PEDRO DE MENA (AM) 8 VEGAS DEL GENIL (GRANADA)</p> <p>Superficie gráfica 134 m²</p>

Figura 15. Datos catastrales de una de las viviendas de la urbanización. Fuente: sede electrónica del catastro.

CAPÍTULO 5. Renovables elegidas. Vigilancia tecnológica

La vigilancia tecnológica es un proceso estratégico y sistemático que consiste en la detección, análisis y seguimiento continuo de información relacionada con avances tecnológicos, innovaciones, tendencias y cambios en el entorno tecnológico, con el objetivo de anticipar oportunidades y amenazas, tomar decisiones y mejorar la competitividad de una organización o entidad.

La Vigilancia tecnológica forma parte del proceso de Inteligencia Competitiva (IC) "Proceso ético y sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, y comunicación de su significado e implicaciones destinada a la toma de decisiones" (UNE 1666006) y se apoya en cuatro componentes:

- Vigilancia del Entorno: Identificación, valoración y uso de la información sobre legislación, aspectos medioambientales y socioculturales.
- Vigilancia Comercial: Identificación, valoración y anticipación de necesidades de consumo, estilo de vida y tendencias de demanda socioculturales.
- Vigilancia Competitiva: Valoración de competidores e identificación y valoración de productos y servicios en desarrollo o disponibles en mercados líderes.
- Vigilancia Tecnológica: Identificación, evaluación y uso de señales débiles para reconocer y advertir en una fase temprana, tecnologías emergentes, discontinuidades tecnológicas (innovaciones disruptivas o rupturistas), oportunidades y amenazas.

En el contexto de este proyecto, se ha llevado a cabo una vigilancia tecnológica con el propósito de presentar opciones alternativas para abordar el caso de estudio, con el objetivo primordial de lograr la implementación exitosa de una comunidad energética conforme a los objetivos establecidos.

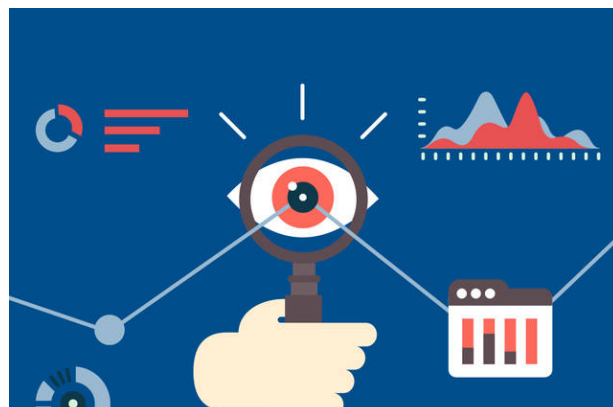


Figura 16. Vigilancia tecnológica. Fuente: Google

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

5.1. Energía solar

Teniendo en cuenta las condiciones geográficas en las que está ubicado Ambroz, y en general España, ya que es el país más meridional de Europa contando con más horas de sol al día, la energía solar puede desempeñar un papel primordial para esa transición energética a Fuentes de energía renovables y disminuir la dependencia de energía fósil importada.

A continuación, se listan las tecnologías encontradas en cuanto a novedades tecnológicas en dicho tipo de energía:

Panel solar transparente o semitransparente

El vidrio fotovoltaico es un tipo de material transparente que incorpora celdas solares fotovoltaicas para convertir la luz solar en electricidad. A diferencia de los paneles solares convencionales que se instalan en superficies exteriores, el vidrio fotovoltaico tiene la capacidad de funcionar como una ventana o superficie de acristalamiento mientras genera energía solar.

Las celdas solares fotovoltaicas se integran en el vidrio mediante técnicas de encapsulación que permiten que el material conserve su transparencia y apariencia estética. Estas celdas pueden ser de diferentes tipos, como celdas monocristalinas, policristalinas, amorfas o de película delgada, y se colocan en capas delgadas entre las láminas de vidrio. Además este tipo de vidrio protege de la radiación infrarroja (hasta un 95%) y UVA (hasta un 99%).

Este sistema presenta una gran alternativa a la instalación de ventanas estándar ya que contribuye al ahorro energético generando energía limpia y protegiendo de la radiación a las personas que se encuentran en el interior del edificio.

Ofrece distintos grados de transparencia, cuanto más transparente es el vidrio, menos energía generará:

- Vidrio Opaco, sin visión, 58Wp/m²
- Vidrio con una visión del 10%, 40Wp/m²
- Vidrio con una visión del 20%, 34Wp/m²
- Vidrio con visión del 30%, 28Wp/m²

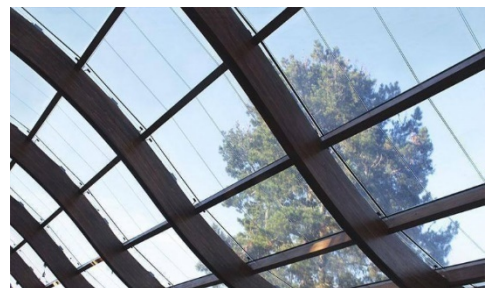


Figura 17. Panel solar transparente. Fuente: onysolar

Los vidrios dependen directamente del fabricante, proporcionándolos en distintos tamaños y grados de transparencia, pero para una potencia de 58 Wp/m² el precio ronda los 350€ el metro cuadrado.

Ventajas principales:

- Generación de energía eléctrica a la vez que hace la función de un cristal convencional
- Uso eficiente del espacio
- Integración en la arquitectura del edificio sin generar impacto visual

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- Filtra la radiación infrarroja y UVA

Inconvenientes principales:

- Eficiencia limitada debido a la cantidad de luz que pueden absorber en función de su transparencia.
- Coste elevado.
- Tecnología en desarrollo.
- Frecuente mantenimiento debido a la exposición a los elementos climáticos.

Persianas fotovoltaicas:

Estas persianas se componen de láminas equipadas con celdas solares fotovoltaicas integradas, que capturan la energía solar y la convierten en electricidad. Están compuestas por láminas horizontales o verticales que se pueden ajustar para regular la cantidad de luz natural que entra en un edificio para bloquear el exceso de calor y de iluminación.

Ajustando el ángulo de inclinación de las mismas según la hora del día se optimiza la radiación solar que pueden llegar a captar dependiendo de la posición del sol a lo largo del día. (

Ventajas principales:

- Produce energía eléctrica a la vez que protege de la radiación solar
- Integración en la arquitectura del edificio

Inconvenientes principales:

- Tecnología en desarrollo
- Coste elevado
- Área de captación limitada por su diseño



Figura 18. Persianas fotovoltaicas. Fuente: solargasp

Tejas solares fotovoltaicas:

Se trata de una propuesta sostenible atractiva y similar a los modelos convencionales. Se trata de tejas o azulejos que incluyen pequeñas placas solares en su composición, disponibles en varias formas y patrones. Con este tipo de tecnología se cumplen dos funciones, canalizar las precipitaciones de lluvia para evacuarlas del tejado de la vivienda y generar energía renovable, además de dar un aspecto más estético que los tradicionales paneles fotovoltaicos.

Las tejas solares están construidas utilizando células solares que generalmente se fabrican a partir de materiales semiconductores, como el silicio monocristalino y el seleniuro de cobre-indio-galio. Estas células se ensamblan en tiras o bandas para dar forma a las tejas.

Un tejado orientado hacia el sur, con una superficie de 18 metros cuadrados y una inclinación de 30 grados, tiene el potencial de generar hasta 1.650 kilovatios-hora anuales.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

En contraste con los paneles solares convencionales instalados en el tejado, este innovador techo solar constituye un sistema integrado que prescinde de la utilización de paneles solares independientes.

Ventajas principales:

- Adaptación estética
- Instalación modular
- Instalación en tejados inclinados y planos
- Impacto visual nulo
- Disponibles distintos acabados superficiales

Inconvenientes principales:

- Alto costo
- Alta inversión inicial
- Orientación fija



Figura 19. Tejas solares fotovoltaicas. Fuente: ecovientos

Pavimentos solares:

El sistema consiste en unidades interconectadas conocidas como "pavimentos solares Platio". Cada baldosa además de generar energía solar a partir de las placas fotovoltaicas que tienen integradas, está elaborada a partir de 400 botellas de plástico PET reciclado, lo que resulta en un producto más duradero que el hormigón, según indica la empresa fabricante. Este pavimento puede ser instalado en áreas de 10 a 30 metros cuadrados y es apropiado para entradas, terrazas, balcones y patios.

Un pavimento solar de 20 metros cuadrados puede satisfacer las necesidades anuales de electricidad de un hogar promedio.

Ventajas principales:

- Son totalmente transitables
- Integración en pavimentos y cubiertas planas
- Bajo impacto visual
- Instalación modular
- Mayor superficie disponible que las tejas solares

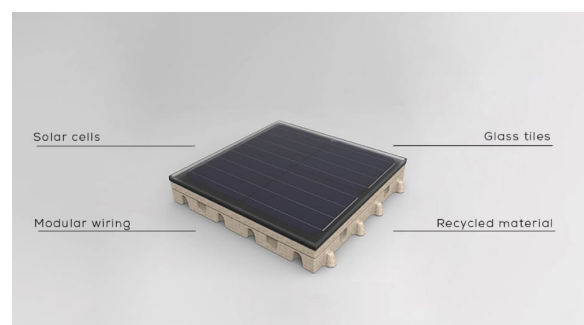


Figura 20. Pavimentos solares. Fuente: Platiosolar

Inconvenientes principales:

- Tecnología en desarrollo
- No permite la regulación del ángulo de incidencia solar
- Deterioro moderado debido a que se transita sobre ella

5.2. Energía eólica

La velocidad del viento necesaria para instalar aerogeneradores depende de varios factores, incluida la tecnología de los aerogeneradores utilizados y las condiciones locales específicas. En general, los aerogeneradores requieren velocidades del viento consistentes y relativamente altas para generar electricidad de manera eficiente.

La mayoría de los aerogeneradores modernos suelen comenzar a generar energía de manera significativa a velocidades del viento de alrededor de 3.5 a 5 metros por segundo (m/s) y alcanzan su capacidad máxima a velocidades del viento de alrededor de 12 a 15 m/s. Sin embargo, estas cifras pueden variar según el modelo de aerogenerador y su diseño.

En lo que se refiere a aerogeneradores incorporados en edificios se pueden encontrar las siguientes tecnologías

Energía minieólica sobre azoteas:

Del mismo modo en que se instalan paneles fotovoltaicos, también es posible encontrar pequeños aerogeneradores colocados en las azoteas de los edificios, modelos a escala reducida de los clásicos aerogeneradores. Esta disposición garantiza la altura necesaria para obtener una velocidad de viento óptima.

Los aerogeneradores destinados a esta aplicación son de dimensiones reducidas, generalmente con una potencia de menos de 5 kW. En este contexto, se otorga especial relevancia al control del ruido y las vibraciones, lo que ha impulsado en años recientes el uso de aerogeneradores de eje vertical.

Ventajas principales:

- Se pueden instalar en sistemas aislados de red eléctrica
- Instalación sobre el edificio, reduciendo pérdidas por transporte
- Bajos coste de mantenimiento
- Sistema muy desarrollado

Inconvenientes principales:

- Generación de vibraciones y ruidos
- Interferencia de las corrientes de viento provocadas por los edificios cercanos
- Impacto visual moderado



Figura 21. Generadores mini eólicos. Fuente: ecotechgeccai

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Minieólica integrada en los edificios:

En esta situación, el diseño del edificio se concibe desde el principio para incorporar la generación eólica. De esta manera, puede adaptarse de manera adecuada para no solo no reducir el potencial eólico, sino incluso para incrementarlo, como se observa en el caso del "Bahrain World Trade Center"

El objetivo es configurar la estructura del edificio de manera que promueva la captación efectiva del viento. Aunque no es una idea nueva, son escasas las experiencias en el mundo de edificios modernos con esta orientación. En estos proyectos, la generación eólica puede alcanzar potencias de varios cientos de kilovatios, lo que representa una capacidad considerable.

Ventajas principales:

- Aprovechamiento del espacio existente
- Bajo impacto estético

Inconvenientes principales:

- Velocidad del viento limitada
- Ruidos y vibraciones
- Alto coste debido al diseño inicial del edificio
- Limitaciones regulaciones y normativas locales
- Interferencia de las corrientes de viento provocadas por los edificios cercanos



Figura 22. Minieólica integrada en los edificios. Fuente: inarquia

5.3. Sistema de almacenamiento de la energía eléctrica

La elección entre placas solares y aerogeneradores como fuentes de energía renovable está directamente vinculada a la necesidad de un sistema de almacenamiento de energía eficiente. Ambas fuentes tienen sus propias características y ventajas, y la decisión dependerá de varios factores, incluyendo el entorno, el presupuesto y los objetivos específicos del proyecto. Por lo tanto, para poder almacenar esta energía es imperativo la instalación de un elemento encargado de almacenar y liberar esa energía al sistema cuando sea necesario. Actualmente se pueden encontrar en el mercado los siguientes tipos de baterías:

Baterías AGM (Absorbent Glass Mat):

Este tipo de baterías resultan ideales para instalaciones que demandan una alta tasa de descarga, es decir, aquellas en las que múltiples dispositivos con motores eléctricos de alta potencia funcionan simultáneamente. Estas baterías están equipadas con una válvula que renueva automáticamente la producción de energía, eliminando la necesidad de recargarlas con ácido, lo que significa que no requieren mantenimiento periódico alguno. Además, poseen una vida útil prolongada que oscila entre los 5 y los 10 años.

Las principales ventajas que presentan son:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- Elevada intensidad de descarga
- Bajo coste
- Alta versatilidad

Los principales inconvenientes son:

- No se recomiendan descargarlas más de un 50%
- Energía total se reduce a altas velocidades de descarga

Monoblock:

Las baterías monoblock representan una alternativa económica y de buen rendimiento para sistemas de pequeña escala con un consumo relativamente bajo, como iluminación residencial, televisión, ordenadores y frigoríficos, entre otros. Sin embargo, su uso no se recomienda en entornos que incluyan dispositivos con motores complejos.

Estas baterías no son adecuadas para hacer frente a picos de arranque elevados que pueden ser generados por electrodomésticos como lavadoras o taladros. Emplearlas para tales aplicaciones podría disminuir significativamente su vida útil, que generalmente se encuentra en el rango de 4 a 5 años.

Baterías de Litio:

Son acumuladores ligeramente compactos que ofrecen tiempos de carga rápidos. Son versátiles y pueden ser utilizados en una amplia variedad de instalaciones sin requerir mantenimiento. Un aspecto destacado es que no generan emisiones de gases contaminantes, lo que los hace altamente sostenibles. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este tipo de acumulador tiende a tener un costo inicial más elevado. Presentan además un alto número de ciclos llegando a alcanzar una vida útil de 10 a 15 años.

Principales ventajas:

- No poseen el "efecto memoria", lo que les permite cargarse en cualquier momento
- Ofrecen una mayor densidad de energía
- Tienen dimensiones más reducidas y un menor peso en comparación con las baterías convencionales, lo que puede resultar en un ahorro de espacio de hasta un 70%
- Tienen la capacidad de carga más rápida
- No necesitan mantenimiento
- No emiten gases contaminantes

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Haciendo una comparación entre los distintos precios de mercado según tipos de baterías existentes:

Tipo	Precio
Monoblock	500 - 1.500 €
AGM	200 - 2.000 €
Litio	500 - 10.000 € (o más)

5.4. Fuente de energía renovable seleccionada.

Teniendo en cuenta las tecnologías anteriormente descritas, las ventajas y desventajas que presentan los distintos tipos de energía, tanto solar como eólica, y la zona en la que se encuentra Ambroz, se ha optado por hacer el diseño completo de la instalación empleando **energía solar fotovoltaica**.

Dado que para la zona en la que se encuentra Ambroz, tanto por su entorno como por el número de horas de exposición solar que tiene a lo largo del año, es la tecnología que mejor se adapta y que por su nivel de desarrollo actual, no induce en altos costes de instalación y mantenimiento.

Según Weather Spark, En 2024, el día más corto será el 21 de diciembre, con 9 horas y 36 minutos de luz; el día más largo es el 20 de junio, con 14 horas y 43 minutos de luz. En la figura adjunta, se puede contemplar este desarrollo de horas de luz solar.

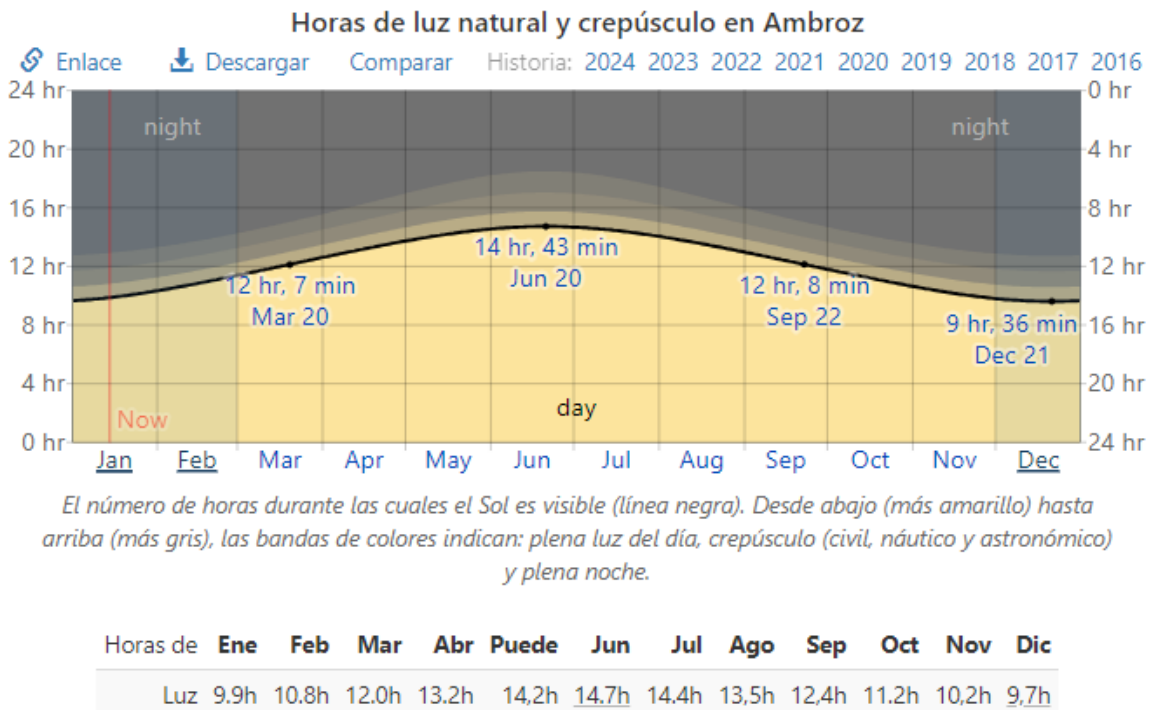


Figura 23. Horas de luz natural y crepúsculo en Ambroz. Fuente: Weather Spark

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Se ha descartado la tecnología eólica ya que como se puede observar en la figura 6, no se llegan a alcanzar velocidades suficientemente altas como para obtener el rendimiento necesario para el desarrollo de la instalación. Según datos de la propia página Weather Spark la velocidad promedio de todo el año en Ambroz ronda los 3,72 m/s, y para que la instalación de pequeñas turbinas eólicas fuese rentable, la velocidad del viento en metros/s debería de rondar entre los 4 o 5 m/s. Asimismo, debido a que Ambroz se encuentra cerca de Granada, sus temperaturas durante todo el año suelen ser elevadas en verano y suaves en invierno, lo que causan que debido a la densidad que posee el aire por esta elevada temperatura, la densidad del viento disminuye, lo que resulta en una menor generación de potencia para una velocidad de viento dada.

CAPÍTULO 6. Cálculos sobre la zona elegida (paneles solares a instalar, cantidad de energía a obtener)

Una vez se ha definido el tipo de energía a emplear, es necesario definir el tipo de instalación a diseñar e instalar, por ello, debido a la tipología de los edificios involucrados se va a emplear una instalación conectada a la red eléctrica. Esto implica que la demanda de energía podrá ser cubierta tanto por la energía generada por los paneles fotovoltaicos como por la red, estando la instalación siempre alimentada. En cuanto a los excedentes que se puedan llegar a producir, estos serían vertidos a la propia red causando así beneficios por compensación de energía. Para poder obtener esta compensación, la potencia instalada debe ser menor a 100 kW.

Las normativas legales española y europeas serán las encargadas de estipular y regir los límites en lo relacionado con las instalaciones de autoconsumo y se diseñará la instalación acorde dichas regulaciones.

6.1. Superficies disponibles

Si analizamos las viviendas que se desean incorporar en la comunidad energética para poder hacer el estudio de la cubierta de cada una de ellas para la instalación de las placas solares según los metros cuadrados de techo, obtenemos los siguientes resultados para los dos modelos de vivienda que intervienen:

1. **Vivienda tipo, adosada:** cuenta con una superficie de cubierta total de 147 m².



Figura 24. Superficie cubierta de la vivienda tipo. Fuente: Visor GVA

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Teniendo en cuenta que se tratan de viviendas adosadas, y que dos viviendas comparten cubierta, si analizamos el total de la cubierta de ambas viviendas, se delimitan las siguientes superficies obteniendo un total de 4 superficies distintas ya que cada una tiene una vertiente distinta al ser un tejado a cuatro aguas:

- **Cubierta A y B:** Constan con una superficie individual de 17,03 m², siendo el total de 34,06 metros cuadrados disponibles.
- **Cubierta C:** Consta con una superficie disponible de 43,18 metros cuadrados.
- **Cubierta D:** Consta con una superficie disponible de 64,62 metros cuadrados.

En la figura 25 se puede contemplar cada una de las cubiertas anteriormente mencionadas:

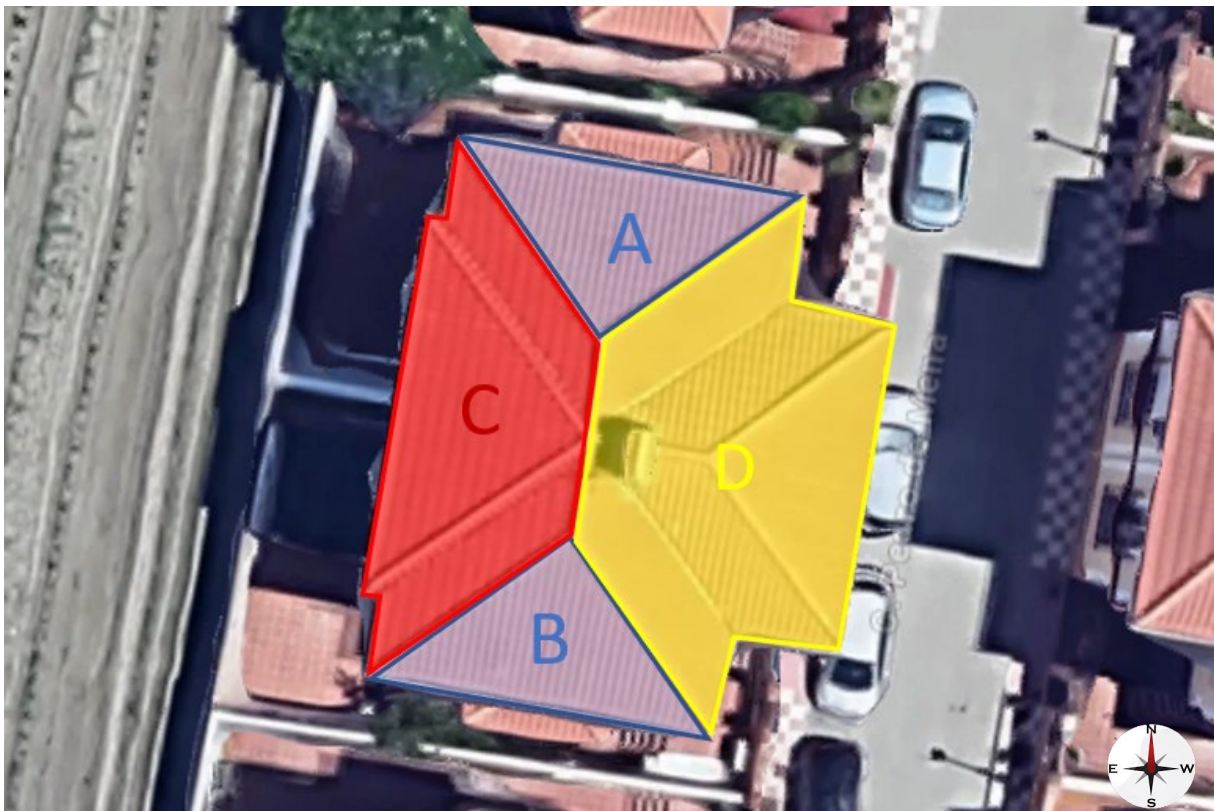


Figura 25. Cubiertas disponibles. Fuente: Propia

2. **Viviendas al inicio de la urbanización:** ya que estas dos viviendas forman parte de la urbanización, pero son físicamente distintas al modelo tipo, se analiza su cubierta por separado, contando con una superficie de cubierta total de 130 m². Analizando en detalle la cubierta de las mismas, a diferencia del otro modelo, posee un tejado a dos aguas, uno orientado hacia el sur y el otro hacia el norte, por lo que se optará por instalar las placas fotovoltaicas únicamente en la cubierta *orientada hacia el sur* para sacar el máximo rendimiento. La cubierta disponible se muestra en la figura siguiente:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- **Cubierta viviendas aisladas:** Consta con una superficie disponible de 45,00 metros cuadrados.



Figura 26. Cubierta viviendas aisladas. Fuente: Propia

6.2. Restricciones legales

Atendiendo a los requisitos para el autoconsumo y producción de energía eléctrica en el Real Decreto 244/2019 existen ciertos requisitos a los que se debe de acoger la instalación:

Instalación de producción o generación destinada a generar energía eléctrica para suministrar a uno o más consumidores acogidos a cualquiera de las modalidades de autoconsumo en las que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- i. Estén conectadas a la red interior de los consumidores asociados o estén unidas a éstos a través de líneas directas.
- ii. Estén conectadas a cualquiera de las redes de baja tensión derivada del mismo centro de transformación.
- iii. Se encuentren conectados, tanto la generación como los consumos, en baja tensión y a una distancia entre ellos inferior a 500 metros. A tal efecto se tomará la distancia entre los equipos de medida en su proyección ortogonal en planta.
- iv. Estén ubicados, tanto la generación como los consumos, en una misma referencia catastral según sus primeros 14 dígitos o, en su caso, según lo dispuesto en la disposición adicional vigésima del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

Como esta comunidad energética se va a gestionar mediante una conexión a red con excedentes y compensación, todos los usuarios de la misma están enlazados en la red interna, cumpliendo así lo estipulado en el Real Decreto.

Para la implementación de esta comunidad energética, se ha optado por la modalidad de conexión mediante autoconsumo colectivo con excedentes y compensación. En este contexto, los usuarios se encuentran interconectados en una red interna, observando estrictamente los requisitos establecidos por el Real Decreto 244/2019.

6.3. Estimación de la energía demandada de cada una de los edificios involucrados

Para poder asegurar el mayor rendimiento posible de la instalación, es necesario contar con información precisa sobre la demanda a lo largo de las distintas horas del día. Para poder obtener esta información, se dispone del dato de los consumos mensuales del último año de una de las viviendas y se supondrá que el consumo será el mismo para cada una de las 23 viviendas a nivel de simplificar los cálculos. En la tabla 2 se muestran los consumos mensuales de una de las viviendas que se ha seleccionado como referencia.

Tabla 2. Consumo por mes y anual. Fuente: Propia

MES	Consumo (kWh)
Enero	243
Febrero	251
Marzo	240
Abril	246
Mayo	189
Junio	243
Julio	384
Agosto	437
Septiembre	377
Octubre	302
Noviembre	294
Diciembre	260
Total Anual	3466

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Se obtiene un consumo acumulado en el último año de 3.466 kWh, dando como resultado un consumo medio mensual de 288,83 kWh. Dado que en la factura aparece el consumo del mes en cuestión y el total anual, es necesario estimar los consumos horarios y para ello, se empleará un perfil de consumo proporcionado por Red Eléctrica de España (REE) para un consumidor con tarifa 2.0TD.



Figura 27. Perfil de demanda horaria tarifa 2.0TD. Fuente: REE y elaboración propia

Teniendo en cuenta que se asume las mismas curvas de consumo para todas las viviendas y al mismo tipo de tarifa (2.0TD), también es necesario asumir el coste de dicha energía para todas las viviendas. Se vuelve a recurrir a los datos de Red Eléctrica de España para consultar los precios de la energía en el mes de octubre de 2023.

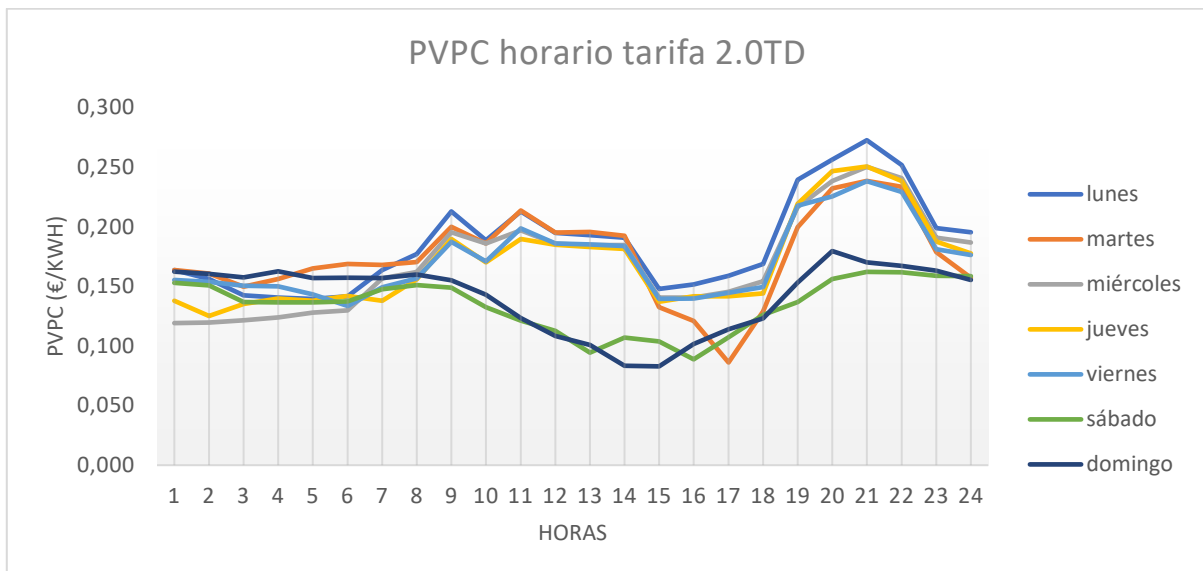


Figura 28. Precio PVPC tarifa 2.0TD por horas del 2 al 8 de octubre de 2023. Fuente: REE y elaboración propia

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Teniendo en cuenta los datos anteriores proporcionados por REE, calculamos el precio medio de la energía según las distintas franjas horarias que intervienen en la factura 2.0TD que se muestra en la siguiente figura:

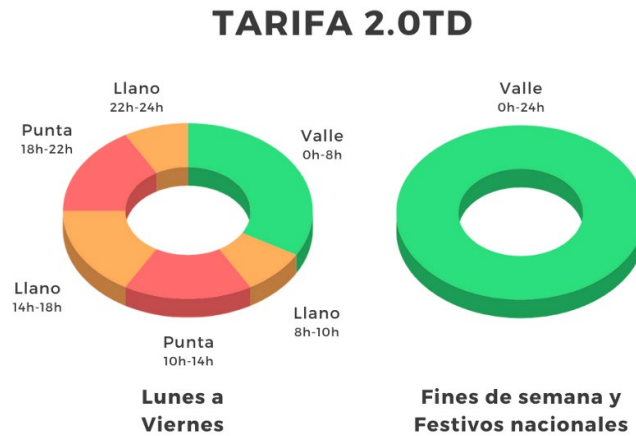


Figura 29. Franja horaria de precios de la tarifa 2.0TD. Fuente GSE

Obteniendo unos precios medios de:

PVPC promedio Valle	0,142295	€/kWh
PVPC promedio Llano	0,163343	€/kWh
PVPC promedio Punta	0,214278	€/kWh

Para poder llevar a cabo el cálculo total de la energía demandada por todas las viviendas, se estima que el consumo en las 23 es el mismo que para la vivienda que nos ha proporcionado la factura eléctrica, quedando así el cómputo total de energía demanda por la urbanización a lo largo de un año en:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Tabla 3. consumo anual del total de las viviendas de la urbanización. Fuente: propia.

MES	Consumo total (kWh)
Enero	5589
Febrero	5773
Marzo	5520
Abril	5658
Mayo	4347
Junio	5589
Julio	8832
Agosto	10051
Septiembre	8671
Octubre	6946
Noviembre	6762
Diciembre	.980
Total Anual	79.718

Se obtiene que el consumo anual de la urbanización es de 79.718 kWh y un promedio mensual de 6.643,17 kWh. Estos datos se introducirán en el software de diseño PVsyst para crear el perfil de consumo y determinar el número necesario de paneles fotovoltaicos a instalar.

6.4. Diseño y cálculo de la instalación.

Para llevar a cabo el diseño y cálculo, implica realizar un análisis exhaustivo para calcular la cantidad de energía generada a lo largo del año. También se examinará la inclinación óptima de los paneles solares y se evaluará la posibilidad de que se produzcan interrupciones debidas a sombras en momentos particulares del día. Para ello, se hará empleo del software anteriormente mencionado, PVsyst, ya que es una potente herramienta para el diseño de este tipo de instalaciones que nos permite simular y analizar diferentes configuraciones del proyecto.

El primer paso necesario para poder empezar con el diseño, es introducir los datos necesarios sobre la localización de Ambróz. Buscamos el municipio en la base de datos que dispone el programa y con ello nos proporciona un historial completo sobre datos de temperatura, humedad, precipitaciones a lo largo del año, irradiación solar, etc. Siendo todos estos datos extraídos de la base de datos que proporciona Meteonorm 8.1.

Una vez tenemos definido la localización del proyecto, el siguiente paso es determinar la orientación e inclinación de los paneles para poder sacar el mayor rendimiento posible.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.4.1. Disposición de los paneles.

Tomando como referencia una de las viviendas de la urbanización, determinamos la orientación del edificio y mediante las gráficas de optimización del software, se puede determinar que, para obtener el mayor rendimiento de la instalación, es necesario instalarlas con una inclinación de 35° respecto al plano horizontal y 10° respecto su azimut, como se observa en la siguiente figura.

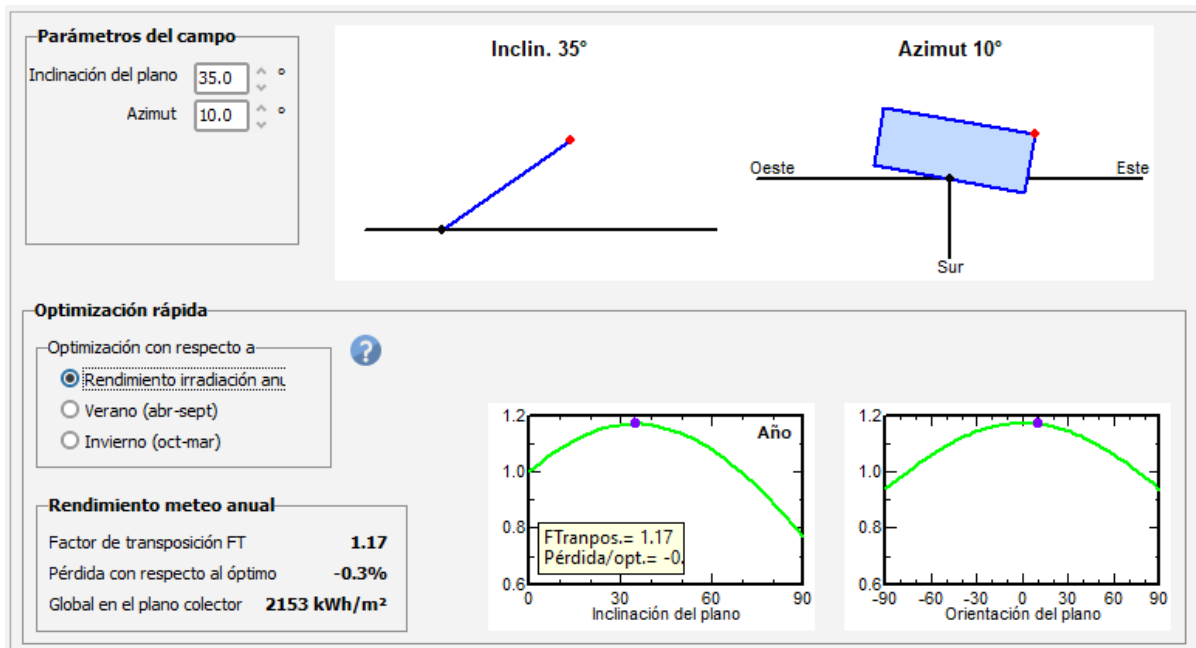


Figura 30. Inclinación y orientación de los paneles optimo. Fuente: PVsyst

Esta disposición de los paneles es la que mayor rendimiento otorgaría a la instalación, pero, ahora bien, dado que las viviendas poseen un tejado a cuatro aguas y dicha cubierta consta con una inclinación de 15° , al tener que instalar los paneles sobre una estructura que le otorgue los 35° sobre el plano horizontal, causaría posibles desventajas frente a una instalación de los paneles sobre la propia cubierta.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

La principal ventaja de esta cubierta a cuatro aguas, es que cada cubierta está orientada e inclinada hacia un punto cardinal distinto: norte, sur, este y oeste. Lo cual presenta una ventaja muy importante y es que, hasta el momento, la mayoría de las instalaciones solares han dispuesto las placas orientadas al SUR. Sin embargo, hay diversas ventajas que podrían favorecer la instalación de paneles solares con orientación ESTE-OESTE. Dentro de la disposición Este-Oeste de paneles solares, se encuentra la configuración conocida como Delta-Wing.

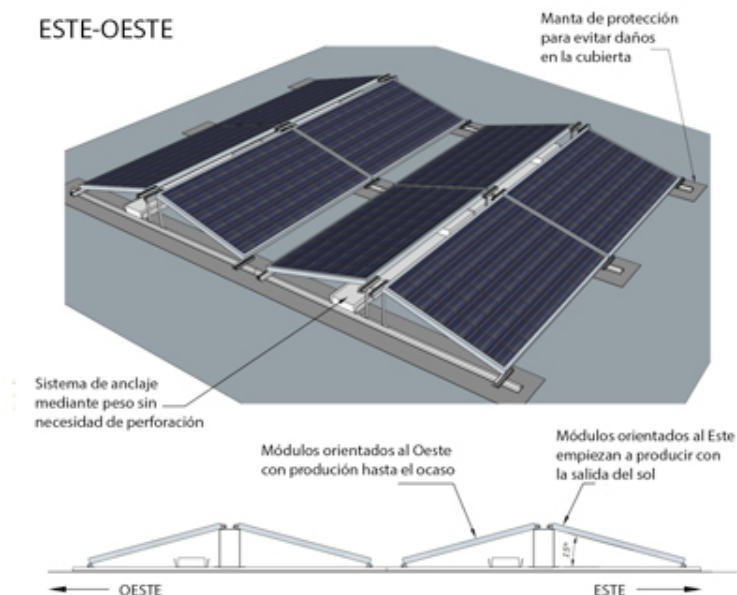


Figura 31. Paneles fotovoltaicos configurados en Delta-Wing. Fuente: monsolar

Este tipo de disposición de los paneles presenta las siguientes ventajas frente a otros instalados a mayor ángulo de inclinación para obtener el mayor rendimiento del panel:

- **Sin sombras entre filas de los paneles solares:** Las instalaciones solares con paneles orientados al SUR pueden experimentar sombras de filas delanteras sobre las posteriores. En cambio, la configuración Este-Oeste Delta-Wing, con un perfil bajo, minimiza los problemas de sombreado entre filas de placas solares.

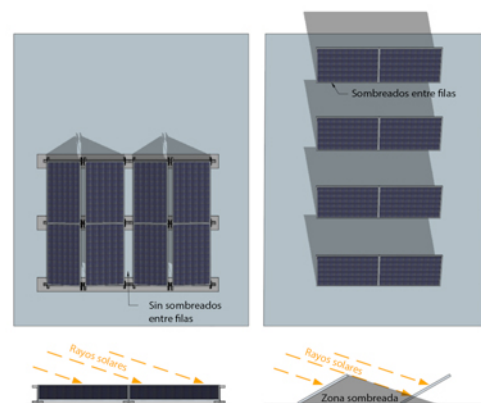


Figura 32. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- **Mayor densidad de producción energética:** La disposición más compacta de paneles solares incrementa la eficiencia en la producción de energía por metro cuadrado. Esta característica es particularmente beneficiosa en tejados reducidos, donde este enfoque posibilita una mayor densidad, hasta un 30% más por metro cuadrado.

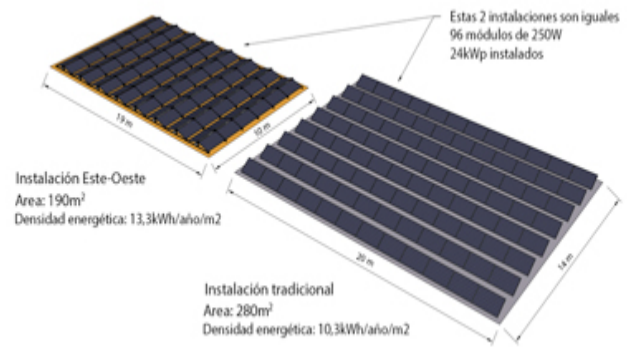


Figura 33. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados.
Fuente: monsolar

- **Potencia de salida más consistente:** La disposición de paneles solares Este-Oeste genera una salida más estable y constante durante el día en comparación con una instalación convencional orientada al sur. Este diseño reduce el pico de potencia al mediodía, prolongando la producción solar durante las primeras y últimas horas del día. Con esta configuración, la generación de energía solar comienza al amanecer y continúa hasta el atardecer.

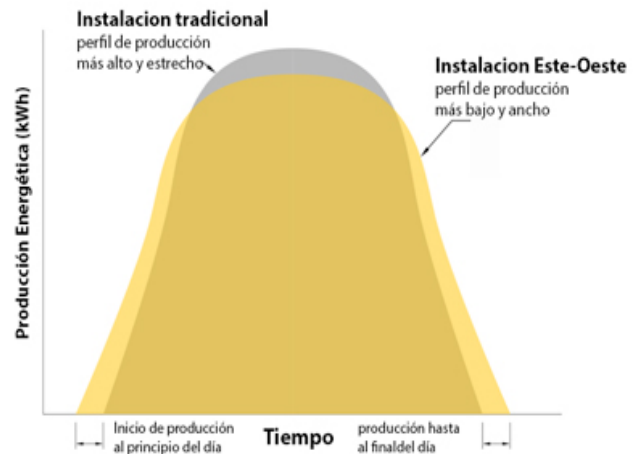


Figura 34. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados.
Fuente: monsolar

- **Diseño aerodinámico:** Al emplear un ángulo de inclinación de 15° con la configuración Delta-Wing, se disminuye significativamente la exposición al viento en comparación con una disposición orientada al SUR, que es más susceptible a los vientos del norte.

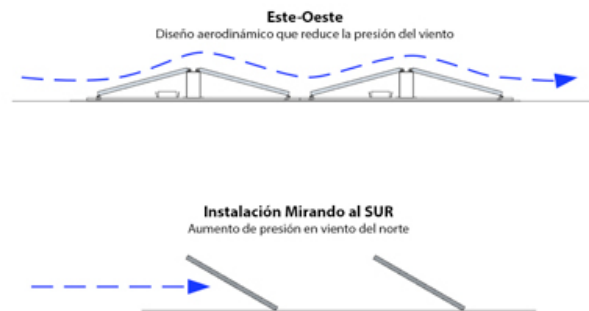


Figura 35. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados.
Fuente: monsolar

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- **Menor contrapeso reduce el peso en la cubierta:** Dada la menor vulnerabilidad al viento, el sistema de fijación de las placas solares Delta-Wing requiere considerablemente menos contrapeso para asegurar las placas en la cubierta. Esto facilita la instalación en tejados menos robustos o en aquellos que presenten otras configuraciones.

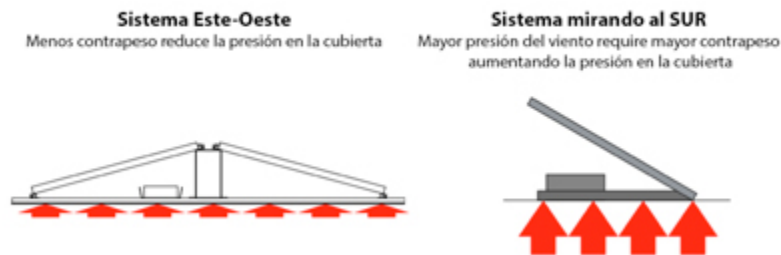


Figura 36. Comparación paneles Delta-Wing frente inclinados. Fuente: monsolar

- **Menor impacto visual:** al estar instaladas a una inclinación menor, el impacto visual que causa es mucho menor que si se encontrasen a 35º, por ejemplo. Supone una gran ventaja para clientes particulares ya que desean mantener la estética de sus viviendas lo menor afectada posible.



Figura 37. Impacto visual de la configuración Delta-Wing. Fuente: monsolar

Por ello y teniendo en cuenta la tipología de la cubierta, se va a estudiar también este caso, instalando los paneles solares en las vertientes, este, oeste y sur a la misma inclinación que el tejado, y dejando libre la vertiente norte ya que los paneles que se instalasen tendrían una inclinación negativa.

PVsys contempla la opción de poder diseñar la disposición de los paneles en distintas orientaciones, creando así una orientada hacia el este, otra hacia el oeste y la otra hacia el sur.

Introducimos la inclinación de las viviendas respecto al azimut y la inclinación a la que se van a encontrar los paneles Fotovoltaicos (15º grados, siendo paralelo a la inclinación del tejado) para cada una de las tres orientaciones y obtenemos:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1. Cubierta orientada al Oeste:

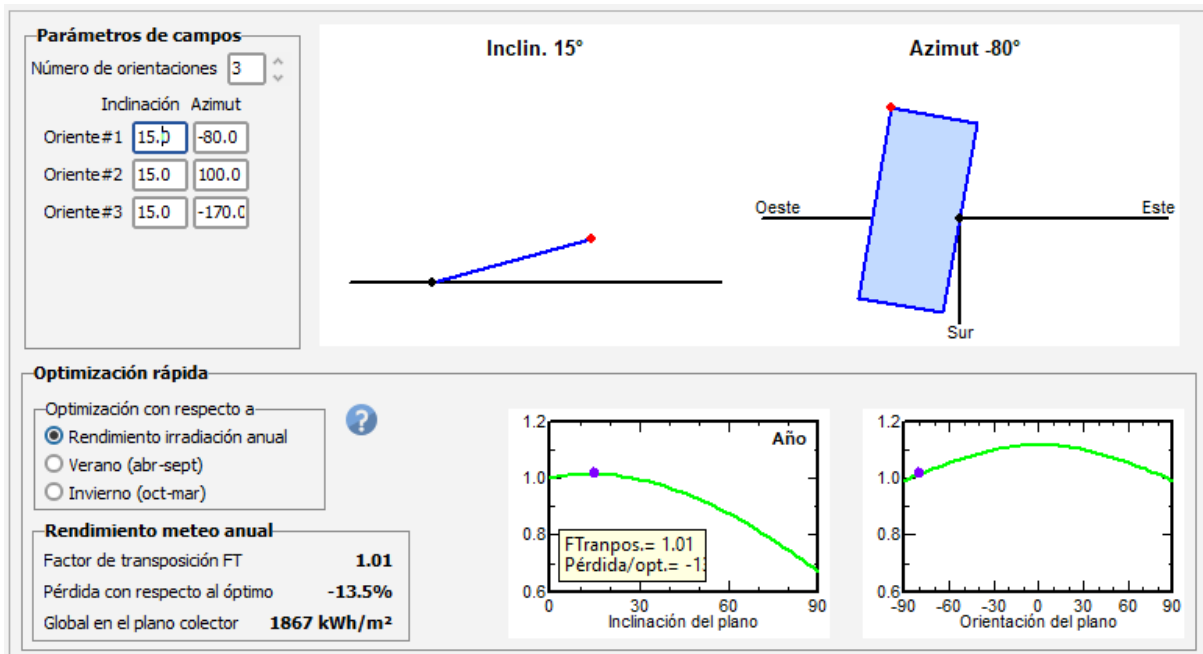


Figura 38. Orientación de la cubierta oeste de las viviendas. Fuente: PVsyst

Como se puede observar, el azimut de la cubierta es de -80° ya que todas las viviendas de la urbanización están ligeramente inclinadas respecto al norte geográfico.

2. Cubierta orientada al Este:

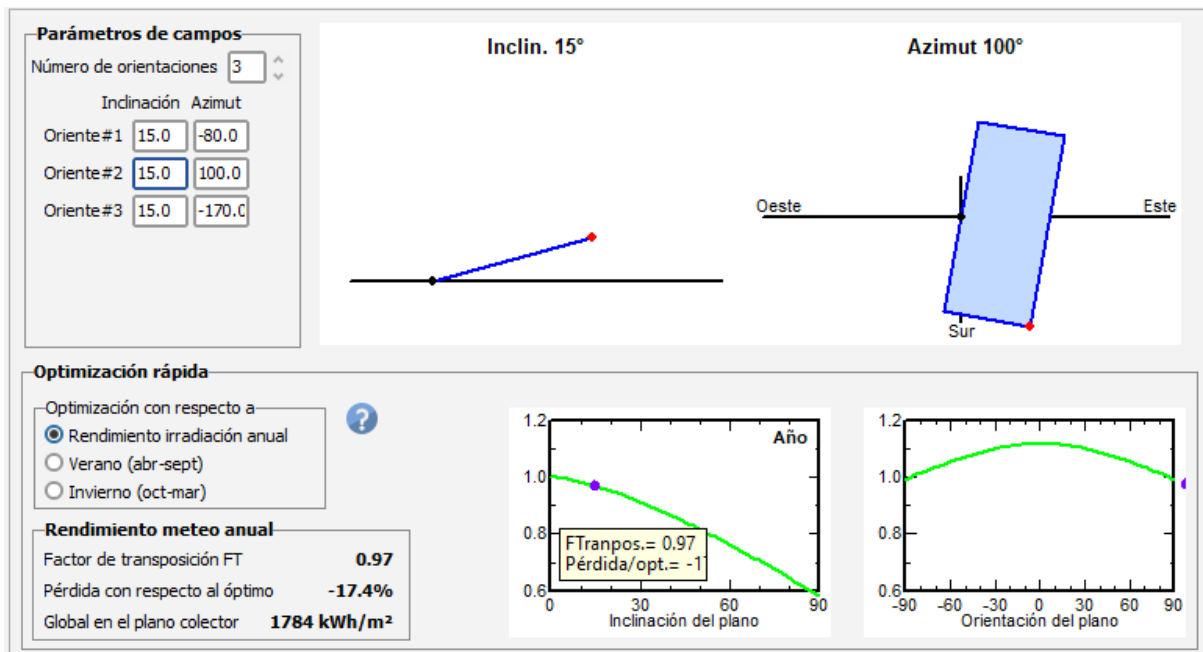


Figura 39. Orientación de la cubierta este de las viviendas. Fuente: PVsyst

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

3. Cubierta orientada al Sur:

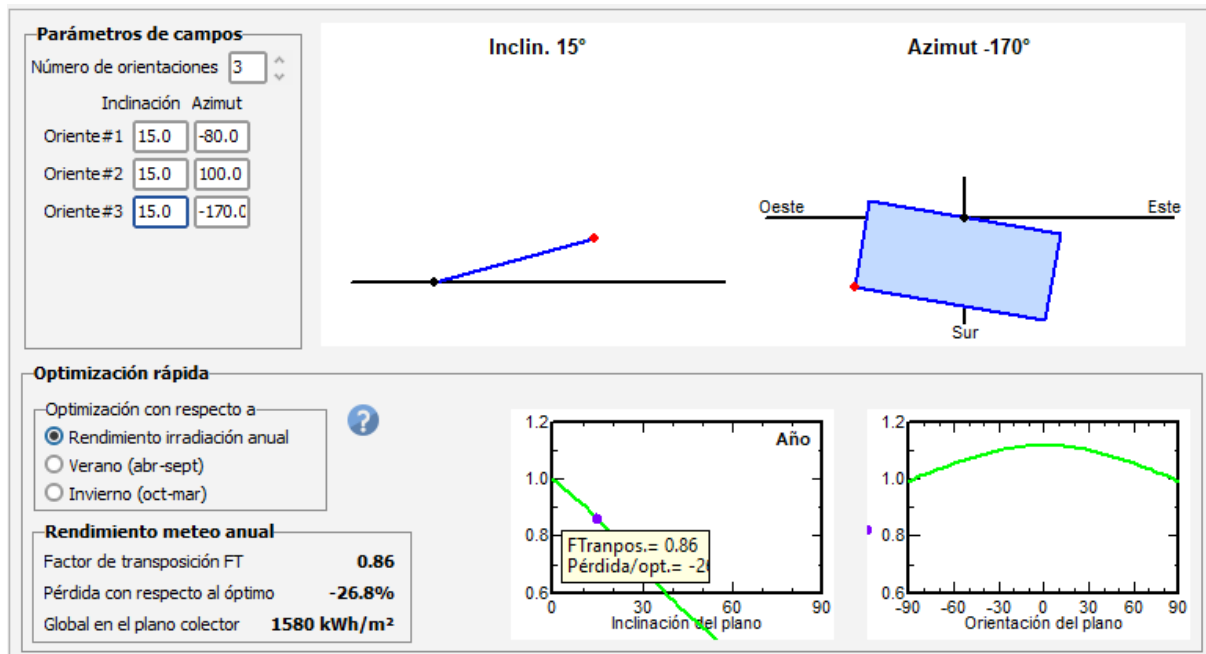


Figura 40. Orientación de la cubierta sur de las viviendas. Fuente: PVsyst

Como se puede contemplar en las gráficas de rendimiento, no es la disposición óptima para aprovechar el máximo rendimiento de los paneles, pero presenta las ventajas anteriormente nombradas y dado que se dispone de la superficie más que necesaria para su instalación se va a optar por esta disposición en un primer diseño y cálculo de la instalación.

En un primer diseño y a modo de diseñar la instalación que mejor se adapte a la demanda necesaria sin llegar a sobredimensionar el sistema, se va a optar en un primer cálculo por la instalación de los paneles en las *cubiertas ESTE y OESTE de las viviendas*. Si con este diseño no se llegase a los requisitos de la demanda, se instalarían en la vertiente SUR de las viviendas, aprovechando así toda la superficie disponible.

El siguiente paso a llevar cabo es establecer los elementos que van a formar parte de la instalación, es decir, seleccionar la tipología y dimensiones de los paneles fotovoltaicos a instalar, así como los inversores necesarios y compatibles con dichos paneles.

6.4.2. Diseño del sistema

Para ello, PVsyst nos ofrece un formulario con una base de datos a nivel mundial de los distintos fabricantes de paneles solares e inversores que hay actualmente en el mercado y cuenta con los detalles técnicos de todos los elementos, permitiendo simular y calcular la mejor alternativa para los requisitos de cualquier instalación fotovoltaica.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Al haber delimitado dos cubiertas distintas, el programa ha creado dos subconjuntos en el que cada uno de ellos tiene una orientación según la especificada en la fase de la orientación. Por ello, primero se diseñará un subconjunto y posteriormente el segundo. Ya que el objetivo del proyecto es llevar a cabo la implantación de la comunidad energética, es necesario seleccionar componentes que se encuentren en el mercado a día de hoy y esté estandarizados.

Así pues, para esta instalación residencial, se han seleccionado paneles solares del reputado fabricante Jinkosolar con una potencia de 400 Wp, monocristalino de 72 célula, modelo JKM400M-72H disponible en el mercado desde 2020. Cuentan con garantía de 12 años y una garantía de potencia lineal de 25 años, la misma duración que se estima del proyecto y tiene unas dimensiones de 1002x2008 mm.

En cuanto al inversor, se ha escogido por uno del fabricante Huawei Technologies, modelo de 20 KW SUN2000-20KTL-M2-380V disponible desde 2022. Este modelo de inversor cuenta con dos entradas MPPT y un voltaje máximo de entrada de 1080 V.

Se seleccionan dichos modelos en el software para obtener una primera simulación de la instalación como se puede observar en la siguiente figura:

The screenshot displays the PVsyst software interface for configuring a PV sub-system and inverter. The interface is divided into several sections:

- Subconjunto:** Shows the sub-system name 'Oeste', orientation 'Orientación #1', and tilt '15°'. It also includes a pre-dimensioning section with a planned power of 79.6 kWp and an available area of 400 m².
- Selección del módulo FV:** Shows the selection of Jinkosolar 400 Wp 35V Si-mono JKM400M-72H modules. The maximum number of modules is 198. The operating voltage is 38.7 V (V_{mpp} at 40°C) and 53.5 V (V_{oc} at 0°C).
- Selección del inversor:** Shows the selection of a Huawei Technologies 20 kW inverter (SUN2000-20KTL-M2-380V). The inverter has 2 MPPT inputs and a maximum input voltage of 1080 V. The operating frequency is 50 Hz and 60 Hz.
- Diseño del conjunto:** Shows the design of the PV array with 16 modules in series and 4 strings. The total number of modules is 64 and the area is 129 m². The operating conditions are: V_{mpp} (40°C) 619 V, V_{mpp} (20°C) 668 V, V_{oc} (0°C) 855 V. The irradiance is 1000 W/m². The maximum power of the inverter is 25.2 kW (at 1037 W/m² and 40°C). The total nominal power of the system is 25.6 kWp (STC).

Figura 41. Panel FV e inversor seleccionado para la viabilidad del proyecto. Fuente: PVsyst

Iterando con los parámetros de módulos en serie y número de cadenas, se obtiene que para un funcionamiento correcto de la instalación sin llegar a sobrecargar el sistema ni sobredimensionarlo, sería necesario 8 cadenas o Strings, 4 por cubierta, con un total de 16 módulos por cadena.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Justificación de la elección de los equipos:

- **Panel fotovoltaico Jinkosolar JKM400M-72H:** para instalaciones residenciales es recomendable instalar equipos fotovoltaicos de potencias de entre 300 a 400W y a modo de obtener la máxima potencia disponible en la menor superficie posible se ha optado por la versión de 400W ya que la diferencia económica entre los dos modelos no es muy elevada. Este panel cuenta con unas dimensiones de 2008x1002 milímetros, contando con unas medidas estandarizadas para su instalación en estructuras prefabricadas abaratando el coste de instalación. Cuenta además con alta resistencia frente a condiciones ambientales extremas, y es un factor a tener en cuenta ya que en Granada las temperaturas son extremas y debido a la cercanía con África, numerosos días al año se produce el fenómeno denominado calima, que se trata de polvo en suspensión y que se deposita sobre la superficie de los paneles.
- **Inversor Huawei de 20 KW modelo SUN2000-20KTL-M2-380V:** Tiene la capacidad de producir una potencia continua de 20 kW, convirtiéndolo en una opción óptima para instalaciones en viviendas y empresas de tamaño mediano. Este inversor es capaz de gestionar una gran cantidad de paneles solares y maximizar su rendimiento ya que cuenta con dos puntos de máxima potencia (MPPT). Gracias a sus 2 entradas MPPT, es posible instalar paneles solares en dos subconjuntos distintos. Esto permite la opción de colocar paneles con inclinaciones, orientaciones o características eléctricas diferentes, optimizando así la captación de energía solar en función del número y tipo de paneles, así como de la radiación solar recibida. Esta capacidad aumenta la eficiencia en la generación de energía y acelera la amortización de la inversión, ya que se logra generar más energía en comparación con instalaciones con un solo punto de máxima potencia (MPPT).
Cuenta con una pantalla LCD incorporada para monitorizar el rendimiento del sistema, lo que permite conocer en tiempo real la producción de energía, el estado del sistema, las horas de funcionamiento,

Por ello, para el tipo de instalación residencial y la potencia que se desea obtener, estos equipos cumplirán son idóneos para su desempeño.

Antes de continuar, es necesario comentar la definición de un String: se refiere a una cadena o serie de paneles solares conectados en serie. Estos paneles solares están eléctricamente interconectados para formar una cadena continua. La conexión en serie implica que la corriente fluye a través de cada panel en la cadena y que la tensión total es la suma de las tensiones individuales de cada panel.

Una vez se ha diseñado el primer subconjunto, es necesario diseñar el segundo. Dado que la urbanización es simétrica respecto al eje de la calle, *se va a diseñar de forma simétrica al subconjunto 1*, obtenido el mismo modelo de panel FV y de inversor, así como, el mismo número de cadenas y de módulos por cadenas. Es por ello que el número total de paneles es de **128 módulos** siendo necesaria una superficie de 258 m² y empleando **2 Inversores**, uno para cada subconjunto.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Oeste		
Jinkosolar - JKM400M-72H	16	4
Huawei Technologies - SUN2000...	1	2
Este		
Jinkosolar - JKM400M-72H	16	4
Huawei Technologies - SUN2000...	1	2

Resumen sistema global	
Núm. de módulos	128
Área del módulo	258 m ²
Núm. de inversores	2
Potencia FV nominal	51.2 kWp
Potencia de CA nominal	40.0 kWCA
Proporción Pnom	1.280

Figura 42. Resumen de la instalación. Fuente: PVsyst

El software genera un pequeño diagrama unifilar para mostrarnos como sería la estructura de la instalación:

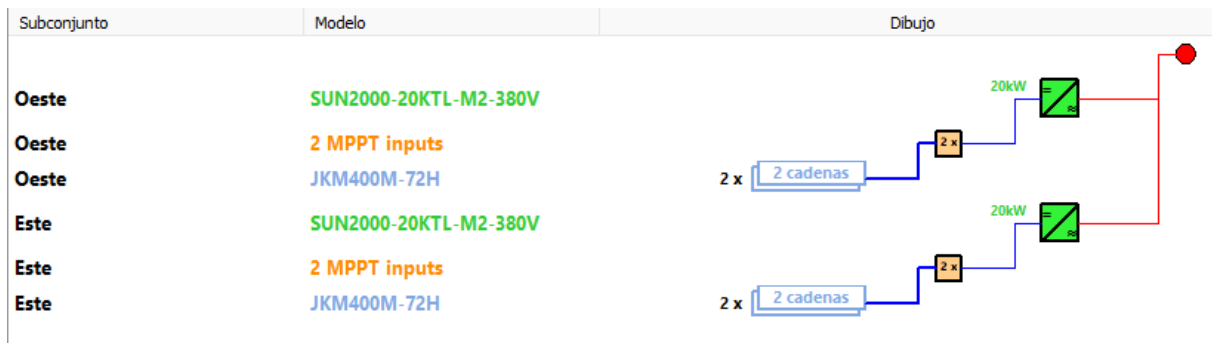


Figura 43. Diagrama unifilar de la instalación. Fuente: PVsyst

6.4.3. Cálculo de las pérdidas totales

El siguiente paso para el diseño de nuestro proyecto consiste en determinar las pérdidas que se influyen en nuestro sistema.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Las primeras pérdidas que el software nos permite introducir *son las pérdidas el factor térmico*. Para ello, seleccionamos el tipo de montaje que va a disponer nuestros paneles FV, y haciendo uso de los valores disponibles en la base de datos, automáticamente calcula el factor de potencia de pérdidas térmicas del campo solar llamado, “U”. Nuestro sistema tiene un montaje Semiintegrado con un pequeño conducto de aire detrás de los paneles, se elige esa opción en el software.

The screenshot shows a configuration window titled "Factor de pérdidas térmicas del campo". It includes a formula $U = U_c + U_v * \text{Vel. viento}$. Below the formula, there are input fields for "Factor de pérdida constante U_c " (set to 20.0 W/m²K) and "Factor de pérdida del viento U_v " (set to 0.0 W/m²K m/s). A section titled "Valor predeterminado según montaje" contains four radio button options: "Módulos montados 'libres' con circulación de aire", "Cúpulas", "Semi-integrado con conducto de aire detrás" (which is selected), and "Integración con respaldo totalmente aislado".

Figura 44. Factor de pérdidas térmicas de la instalación. Fuente: PVsyst

Las siguientes pérdidas a tener en cuenta son las pérdidas óhmicas de los cableados.

Para este apartado es necesario calcular la sección de los dos tipos de conductores implicados en la instalación. Dicho cálculo se ha llevado a cabo en **los anexos** de esta memoria dando como resultado los siguientes valores:

- **Para los conductores de CC:** se ha determinado una sección de *6 milímetros cuadrados* con longitudes de 110 metros (teniendo en cuenta el caso más desfavorable, que se trata del edificio más lejano e incluyendo positivo y negativo)
- **Para los conductores de CA:** se ha calculado una sección de *16 milímetros cuadrados* con longitudes de 50 metros.

Las longitudes de estos cables se especificarán más adelante, pero se ha estimado dichas longitudes ya que se va a colocar los inversores en el centro físico de la instalación para minimizar las pérdidas por transporte de la corriente.

Introducimos estos valores en el software y calcula la resistencia total para todas las cadenas y circuitos de corriente continua CC.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Diseño de cableado

Una cadena : 16 módulos

Conexiones módulo de cadena — Longitud prom. m/circuito: 50 Sección mm²: 6 mm²

Caja principal al inversor — Longitud prom. m/circuito: 50 Sección mm²: 16 mm²

Por favor especifique la longitud total del cable para cada circuito (botón "Boceto")

Por circuito		Conjunto global	
Corriente A	Resistencia mΩ	Resistencia mΩ	
9.8	157	4 cadenas :	39.2
19.6	59	2 inversores :	29.4

Resistencia de cableado global de campo 68.5 mΩ

Fracción de pérdida de MPP en STC 0.4 %

Masa total de cobre 22 kg

Costo total cable 559 EUR

Figura 46. Resistencia total de los circuitos. Fuente: PVsyst

También nos proporciona un pequeño diagrama por subconjunto del diseño de la instalación en la que tiene en cuenta la sección del cableado por un código de colores:

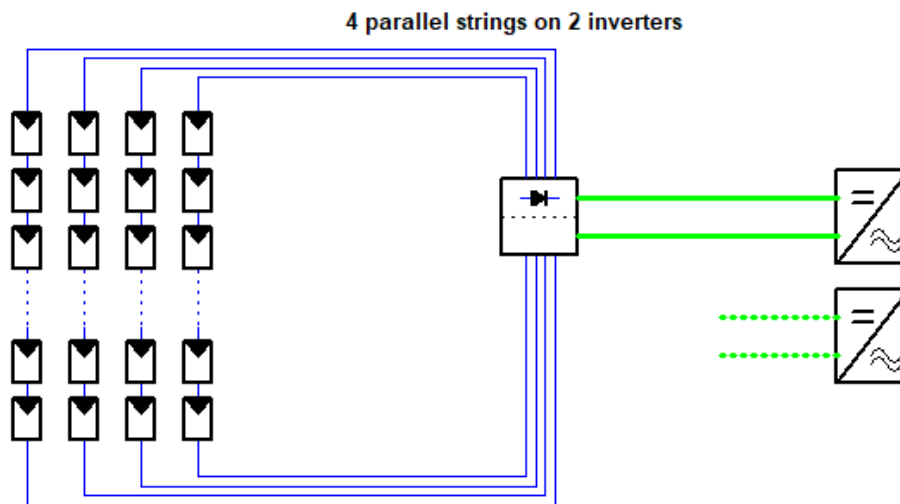


Figura 45. Diagrama del cableado. Fuente: PVsyst

En cuanto a las pérdidas después del inversor, es decir, las pérdidas por corriente alterna CA, introducimos la longitud de los cables y su sección y así se determinan dichas pérdidas:

Pérdidas CA después del inversor

Circuito CA: inversor al punto de inyección (por inversor)

Utiliza pérdida óhmica del circuito CA

Longitud del inversor a inyección: 50.0 m

Fracción pérdida en STC: 1.02 %

Sección cables: 16 mm²

Material: Cobre Alu

STC: P_{ca} = 25.0 kW, V_{ca} = 380 V Tri, I = 38.1 A

Caída de tensión en STC: 3.9 V (1.02%)

Utiliza uno o varios transformadores MT

Utiliza un transformador de AT

Figura 47. Pérdidas CA después del inversor. Fuente: PVsyst

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Perdidas por calidad del módulo:

- Pérdida por calidad del módulo: Según fabricante, indica una tolerancia de potencia del 1%, este valor respecto al valor estándar de prueba.
- Pérdida Inducida por la Luz (LID): Estas pérdidas pueden ser ocasionadas por la degradación de los módulos en las primeras horas de funcionamiento respecto a los valores de prueba de fabricación. Se estiman en un valor del 1%.
- Pérdidas por desajuste del módulo: son las causadas por los pequeños desajustes que se producen en los módulos a la hora de su instalación. Según la base de datos del programa, se estima la media en un 2%.

Calidad del módulo Pérdida de eficiencia módulo <input type="text" value="-1.0"/> % <input type="checkbox"/> defecto ? Desviación de la eficiencia media efectiva del módulo con respecto a las especificaciones del fabricante. (valor negativo indica exceso de rendimiento)	Pérdidas de desajuste de módulo Pérdida de potencia en MPP <input type="text" value="2.0"/> % <input checked="" type="checkbox"/> defecto ? <input type="button" value="Computación detallada"/>
LID - Degradación Inducida por Luz Factor de pérdidas LID <input type="text" value="1.0"/> % <input type="checkbox"/> defecto ? Degradación de los módulos de silicio cristalino en las primeras horas de funcionamiento con respecto a los valores STC de prueba flash de fabricación	Desajuste de voltaje de las cadenas Pérdida de potencia en MPP <input type="text" value="0.15"/> % <input type="checkbox"/> defecto ? <input type="button" value="Estudio detallado"/>

Figura 48. Pérdidas del módulo, LID o por desajuste. Fuente: PVsyst

Perdidas por suciedad:

Se estiman en un 2.5% debido a que, en la provincia de Granada, en la estación de verano, es muy común la existencia de polvo en suspensión procedente de África, o también conocido como calima. Pero no es un factor muy relevante.

Factor de pérdida de suciedad anual Factor de pérdida anual <input type="text" value="2.5"/> % <input type="checkbox"/> Defecto ? <input type="checkbox"/> Defina val. mensuales

Figura 49. Perdidas por suciedad. Fuente: PVsyst

Con ello, quedan definidas todas las pérdidas relevantes que se pueden dar en la instalación a lo largo del año.

El siguiente paso es determinar la existencia de posibles sombreados causados por edificios o algún elemento natural como pueden ser árboles, montañas, etc.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.4.4. Autoconsumo

En este punto, se introducen los datos de los consumos mensuales totales de las 23 viviendas que se ha calculado en la Tabla 3 para así poder crear el perfil de consumo hora a hora. Como se comentó en apartados anteriores, el consumo promedio de la urbanización es de 6.643 kWh/mes y un total anual de 79.718 kWh/año y se comprueba que concuerda con los calculados por el software.

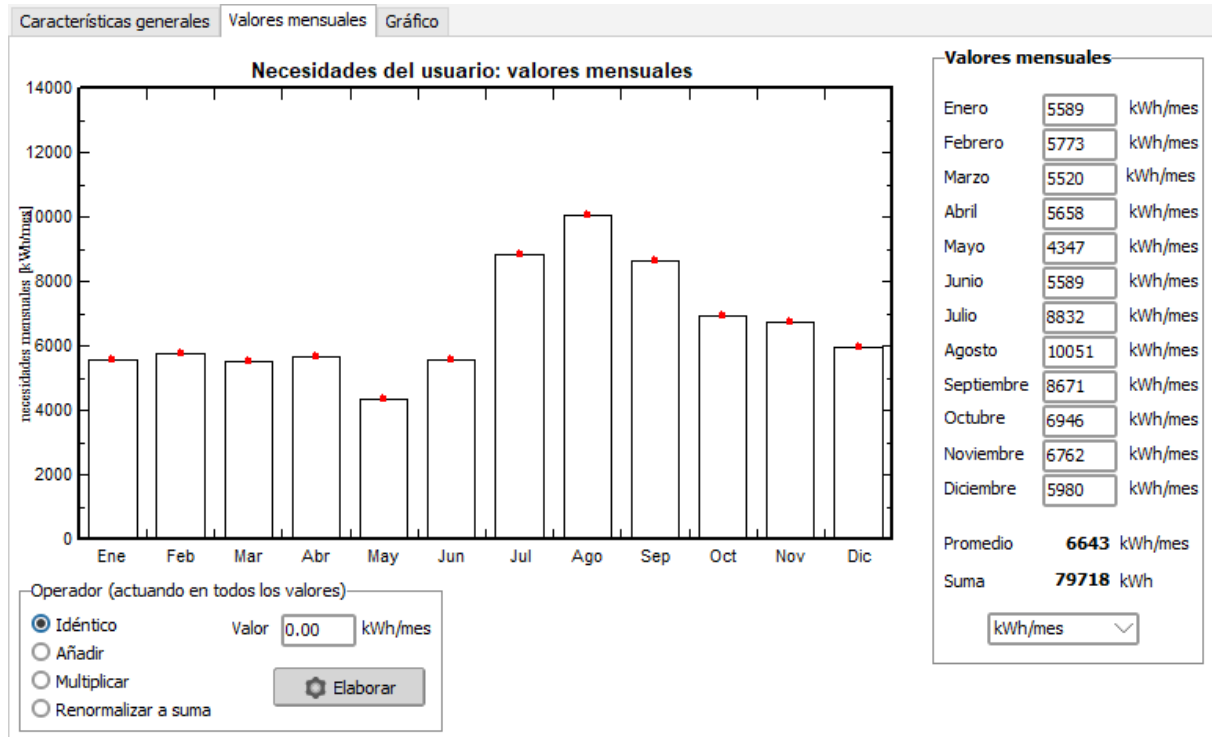


Figura 50. Perfiles de consumos mensuales del total de las viviendas. Fuente: PVsyst

Se tomará esta curva de consumos para poder estimar la energía necesaria a lo largo del año para inyectar en las viviendas y calcular el flujo global de energía necesaria para abastecer a las 23 viviendas.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.4.5. Sombreados Cercanos e incidencia del sol en la instalación

Para ello, PVsyst cuenta con una potente herramienta de diseño en 3D para simular la instalación y sus alrededores. Es necesario crear los objetos y referenciarlos en el plano y una vez creados, permite la instalación de los paneles y es necesario que su orientación sea la misma que la que se especificó en la parte del prediseño.

Es por ello, que para tener un proyecto que aborde todas las variables de la instalación se ha diseñado la urbanización y se han instalado los paneles sobre sus cubiertas. El primer paso es diseñar las viviendas con las dimensiones que poseen en la realidad, quedando, así como se puede apreciar en la siguiente figura:

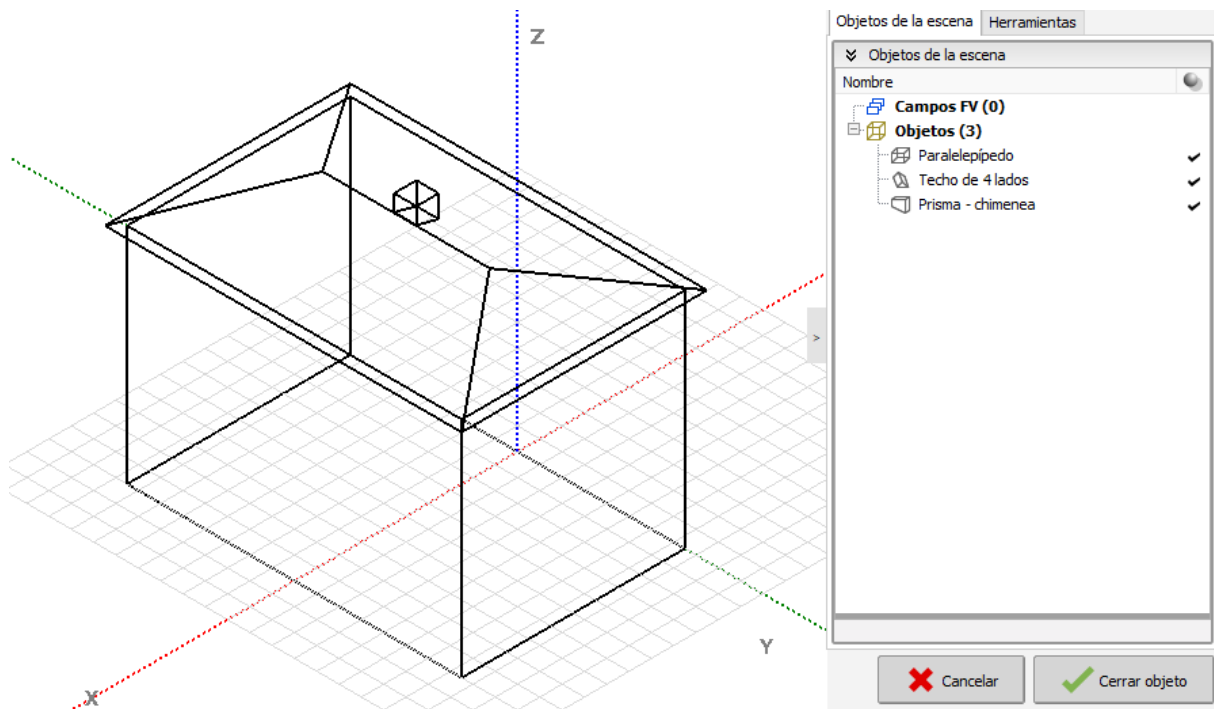


Figura 51. Diseño del edificio de la urbanización. Fuente: PVsyst y elaboración propia

Una vez diseñado un edificio, se diseña el resto de la urbanización con las dimensiones reales de la calle y la separación entre viviendas. También es necesario incluir el azimut de las viviendas para que esté a la misma inclinación que la realidad y los valores de la simulación reflejen números exactos para poder llevar a cabo el proyecto.

Cabe destacar que en el diseño de las viviendas se ha tenido en cuenta la inclinación del tejado a 15°, que se trata de un tejado a 4 aguas y se ha diseñado la chimenea central, porque como se verá a continuación, creará sombras a ciertas horas del día que influirán en la cantidad de exposición solar de los paneles. En la siguiente figura se puede observar todas estas características:

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

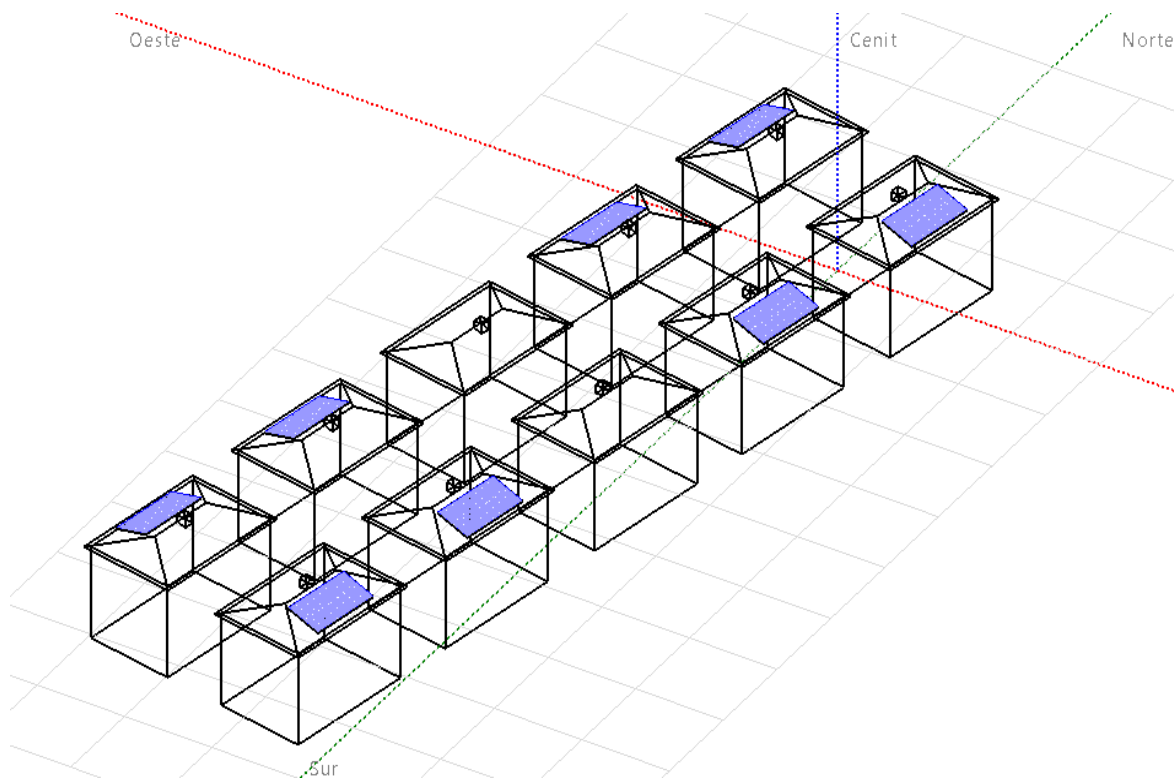


Figura 52. Diseño en 3D de la urbanización. Fuente: PVsyst y elaboración propia

Por último, para tener el modelo 3D completo es necesario diseñar e instalar los paneles FV en las cubiertas Este y Oeste de ambas hileras de edificios. Hay un parámetro a tener en cuenta en este punto, y es que, la instalación cuenta con un total de 128 paneles, los cuales se han distribuido 64 de ellos en cada hilera de viviendas. Cada hilera cuenta con 5 edificios, por lo tanto, se han distribuido de la siguiente manera:

- Cuatro edificios contarán con 16 paneles por edificio, haciendo un total de 64 paneles. Este diseño es favorable a la hora de los cálculos ya que se trabaja con una instalación simétrica y cada String consta con el total de los 16 paneles, simplificando el conexionado eléctrico.
- Edificio central: las viviendas ubicadas a mitad de la vía no dispondrán de paneles fotovoltaicos en su tejado ya que, como se explica más adelante, será donde se instale el armario eléctrico que albergará las protecciones y conexionado de la instalación.

Se ha escogido por esta distribución de las placas para tener un reparto equitativo de las mismas en todas las viviendas suponiendo la participación del mayor número de socios, quedando sin poder instalar los paneles en las 3 viviendas del norte de la urbanización ya que, debido a la morfología de su cubierta, no permite la instalación de los paneles orientados hacia el este y oeste. Este diseño se está realizando como primera opción, si finalmente fuese necesaria la instalación de un mayor número de paneles para aumentar la potencia generada, se empleará de sus cubiertas, pero teniendo en cuenta una orientación hacia el sur.

También hay que tener en cuenta que, en invierno, la producción de energía será mucho menor, por ello, si con la distribución actual no se llegase a suplir la demanda necesaria, se optará por la instalación

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

de los paneles también en el tejado orientado hacia el sur. Para esta fase de estudio del proyecto se va a estudiar la distribución mencionada anteriormente.

Por ello, con la distribución anteriormente nombrada, se llega al total de las 128 placas necesarias para abastecer la demanda de la urbanización. En la siguiente figura, se puede contemplar este diseño:

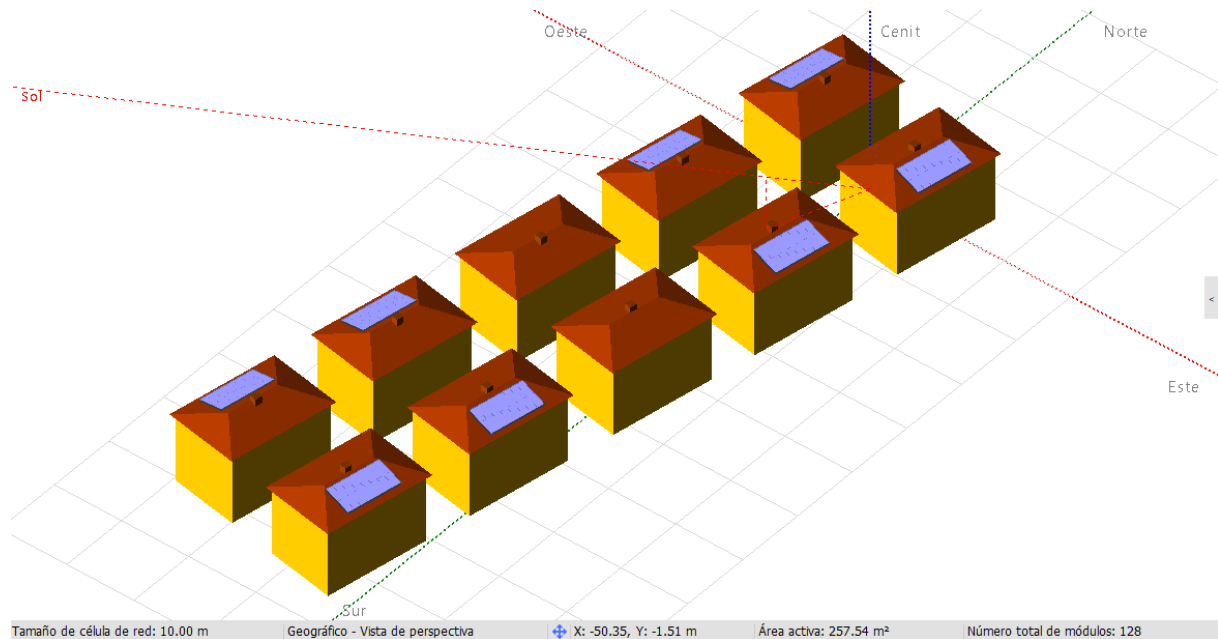


Figura 53. Diseño 3D completo de la urbanización con los paneles instalados en las cubiertas. Fuente: PVsyst y elaboración propia.

Finalmente, con el diseño en 3D de las viviendas, se puede simular un día completo en cualquier fecha que se desee para ver la evolución de la trayectoria del sol a lo largo de las horas y ver su ángulo de incidencia, así como las posibles sombras que puedan causar los objetos cercanos. Ejecutando la simulación se puede apreciar la aparición de sombras sobre los paneles, unas causadas durante la salida y puesta del sol y otra debido a la chimenea. No se producen sombras de otros edificios cercanos ya que estas viviendas son las que más altura tienen de las cercanas y en la dirección oeste, existe un campo de cultivo no urbanizable por lo que no existen edificios.

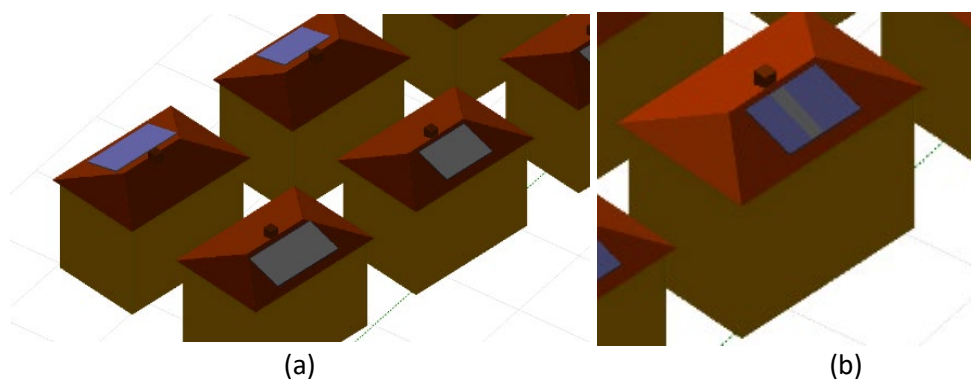


Figura 54. Sombra causada por la puesta de sol (a) y sombra causada por la chimenea (b). Fuente: PVsyst y elaboración propia.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Con ello se generan los Diagramas de factor de sombreado, para este proyecto, dos, uno para cada orientación de los paneles como se puede ver en la siguiente figura:

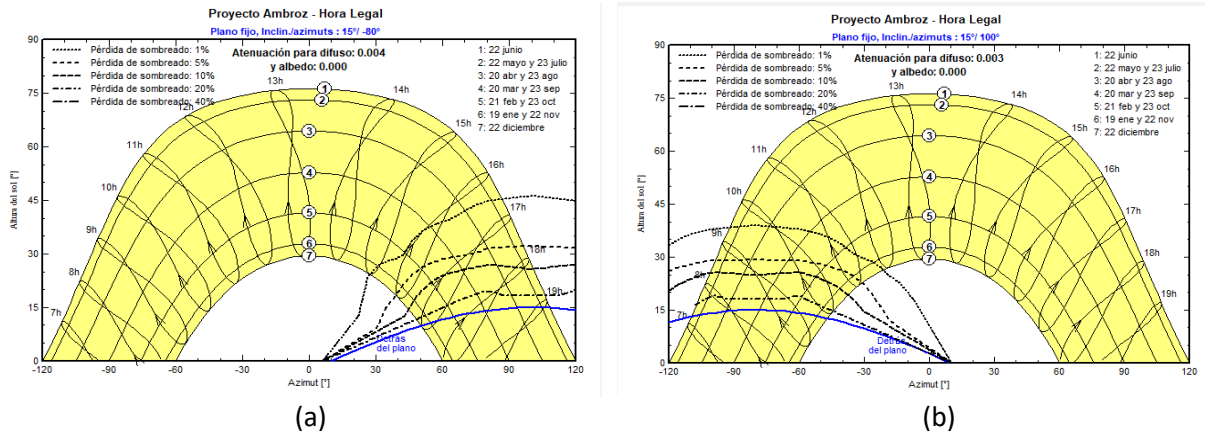


Figura 55. Diagramas de factor de sombreado oeste (a) y este (b). Fuente: PVsyst y elaboración propia.

Como resultado del balance de sombras obtenido, se puede considerar que el porcentaje en pérdidas obtenido es inferior al 0,4% y por tanto no es significativo en términos generales.

Finalmente se ha calculado las posibles sombras que pueden afectar al sistema, se obtiene un resumen global de los resultados para este proyecto:

Resultados principales			
Producción del sistema	75.6 MWh/año	Prod. normalizada	4.04 kWh/kWp/día
Prod. específica	1476 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.75 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.813	Pérdidas del sistema.	0.18 kWh/kWp/día

Figura 56. Resumen de resultados. Fuente: PVsyst

6.4.6. Resultados obtenidos de la simulación

Analizando los resultados de la simulación, nuestro proyecto generaría una producción anual de 75,6 MWh/año contando con un rendimiento superior al 80%, lo cual implica una alta viabilidad para poder llevar a cabo el proyecto de manera eficiente y contar con resultados que se adapten a las necesidades de los clientes.

Con los resultados obtenidos, se genera un archivo denominado “Diagrama de Pérdidas” en el cual se muestra de forma gráfica y a un nivel de detalle muy alto, el total de energía que produce nuestro sistema y las pérdidas que le afectan y que causan que el total de esa energía producida no lleguen al cliente final. Se adjunta el diagrama de pérdidas de la instalación en la siguiente página de esta memoria.

Diagrama de pérdida para "Simulación Este y Oeste" - año

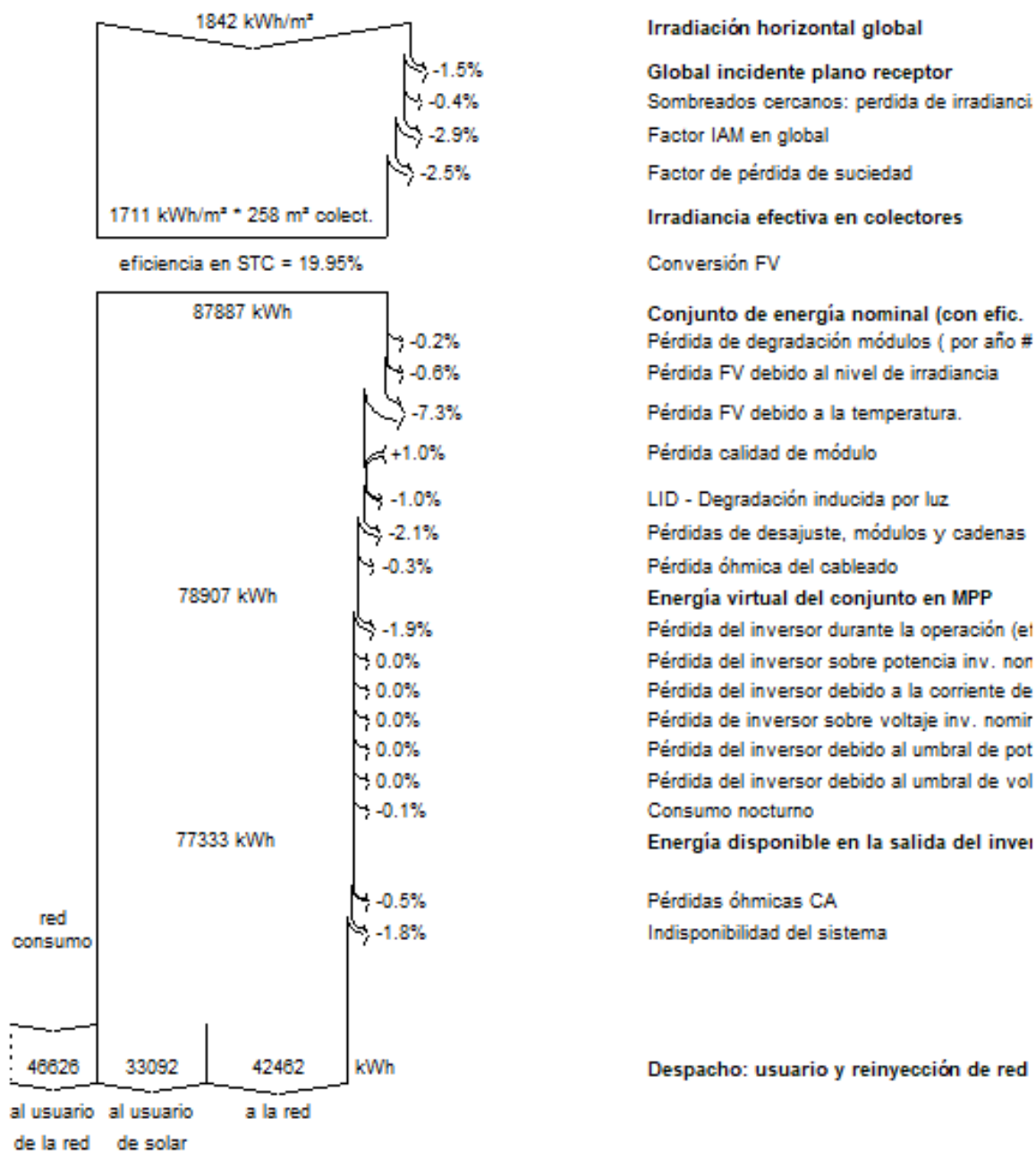


Figura 57. Diagrama de Pérdidas de la instalación FV. Fuente: PVsyst

Dentro de este flujo de pérdidas, para un total de 128 paneles FV instalados que están expuestos a una Irradiación global de 1842 KWh/m², se ha generado un total de **87.887 kWh**. Debido a la existencia de las pérdidas que afectan al sistema, ya sean debido a factores como la temperatura, un 7%, pérdidas del cableado, un 0,3%, o pérdidas por el desajuste de los módulos, 2,1%, suponen un total de 10,5%.

Con todo esto, se obtiene la Energía virtual MPPT, siendo la energía que sería capaz de producir si la instalación FV, durante todo el año, trabajara en el punto de máxima potencia de funcionamiento.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Con todo ello, la instalación genera un total de 78.907 kWh hasta la llegada al inversor, donde también se producen pérdidas en el mismo, un 1,9%, y el consumo que este mismo tiene durante la noche cuando se encuentra en Standby.

Finalmente, y una vez se han tenido en cuenta todas las pérdidas que afectan al global del sistema, se genera **un total de 75.554 kWh al año** de energía disponibles a la salida del inversor. Sin embargo, empleando el perfil de consumo que se ha introducido, realiza un cálculo hora a hora y se determina que **33.092 kWh van a ir desde la instalación fotovoltaica hasta la vivienda**, obteniendo un porcentaje de aprovechamiento energético del 43,8%. Es decir, el 43,8% de la energía que están generando los paneles solares, se está auto consumiendo, y el restante se está vertiendo hacia la red, suponiendo un total de 42.462 kWh que se pueden compensar económicamente.

Debido a que existe consumo por la noche, es necesario que se consuma de la red un total de 46.626 kWh ya que no existe generación fotovoltaica y el sistema no cuenta con una batería para almacenar el exceso de Energía generada.

Analizando las pérdidas que intervienen en la instalación, las de mayor relevancia son las producidas debidas a la temperatura, esto es debido a que el fabricante especifica en su hoja de características, que las condiciones estándar de prueba (STC) se estima la temperatura de la célula en 25°C, mientras que las temperaturas de Granada en verano, son mucho más elevadas, causando que al elevar la temperatura, la tensión del circuito disminuya, disminuyendo así la potencia máxima que el panes es capaz de suministrar.

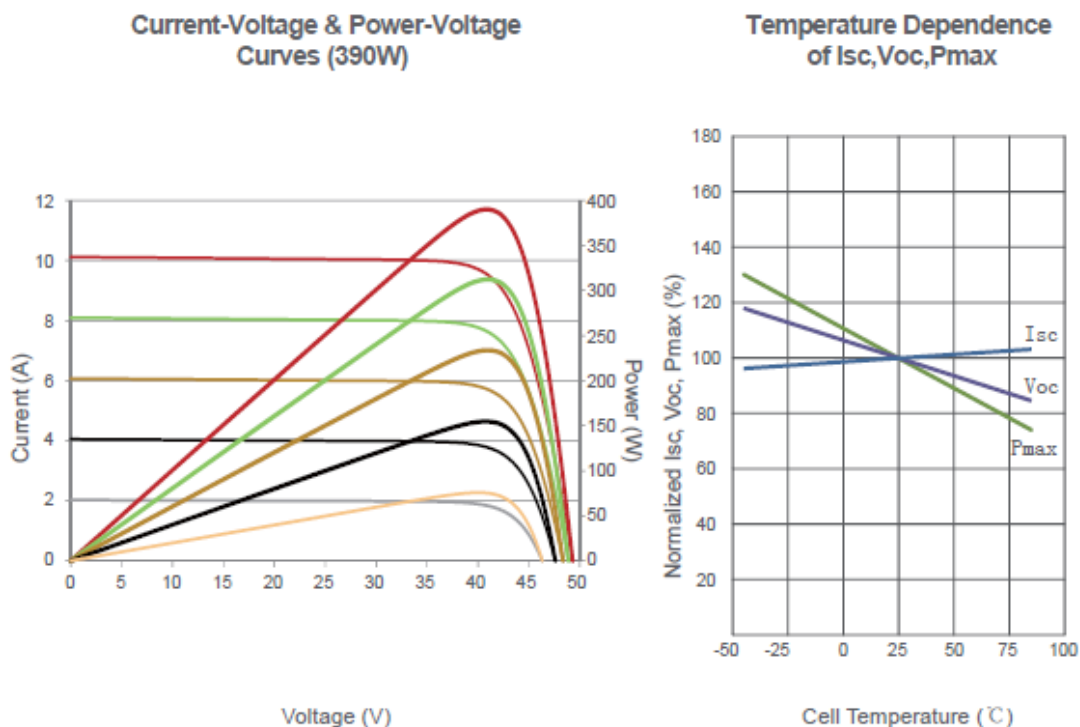


Figura 58. Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura. Fuente: Jinkosolar

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Con todo lo anterior, se puede obtener un balance general de los flujos de energía que intervienen en el proyecto, tanto las consumidas, como las generadas y el exceso que se inyecta a red. Todo ello se puede observar un resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Balance y resultados principales de la instalación. Fuente: PVsyst

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
Enero	79.4	27.18	5.98	78.6	71.9	3557	5589	1693	1576	3896
Febrero	93.2	38.80	7.66	91.7	85.4	4183	5773	1878	1798	3896
Marzo	142.9	52.31	10.95	140.8	132.6	6341	5520	2330	3856	3190
Abril	175.2	68.49	13.79	172.2	163.1	7681	5658	2680	4811	2977
Mayo	214.2	70.76	18.44	210.8	200.5	9171	4347	2263	6674	2084
Junio	233.5	69.04	23.67	230.0	219.0	9774	5589	2769	5993	2819
Julio	243.8	58.71	26.69	239.5	228.3	9989	8832	4456	5269	4376
Agosto	215.4	59.25	26.24	212.3	201.8	8921	10051	4670	4021	5380
Septiembre	163.4	51.23	21.11	161.3	152.3	6955	8671	3666	3118	5005
Octubre	121.9	43.50	16.45	120.1	112.4	5302	6946	2625	2551	4321
Noviembre	84.8	30.18	9.80	83.8	77.0	3759	6762	2197	1469	4566
Diciembre	74.1	24.56	6.72	73.1	66.3	3274	5980	1864	1326	4116
Año	1841.8	594.00	15.67	1814.0	1710.7	78907	79718	33092	42462	46625

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_User	Energía suministrada al usuario
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energía del sol
GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red

Como se ha comentado anteriormente, la urbanización recibiría una energía total de 33.092 kWh repartida entre las 23 viviendas, supondría un total de **1.438,8 kWh por usuario**.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.5. Punto de conexión a red

En lo relativo al punto de conexión de red (PCR) y teniendo en cuenta las protecciones que intervienen en la instalación, es necesario realizar el diseño de la misma. Para ello, es necesario calcular el número de protecciones necesario para instalar en el cuadro.

6.5.1. Protecciones lado Corriente Continua

Primero es necesario analizar las protecciones necesarias para la parte de la instalación que trabaja en corriente continua. La instalación cuenta con un total de 128 paneles distribuidos en 8 Strings, por ello, para cada *String* es necesario:

- 2 fusibles, uno para polo positivo y otro para el negativo.
- Protector frente sobretensiones
- Seccionador

Siendo necesario un total de 16 fusibles, 8 protecciones frente sobretensiones y 8 seccionadores. En la siguiente figura, se muestra un rápido esquema de la instalación para cada uno de los Strings.

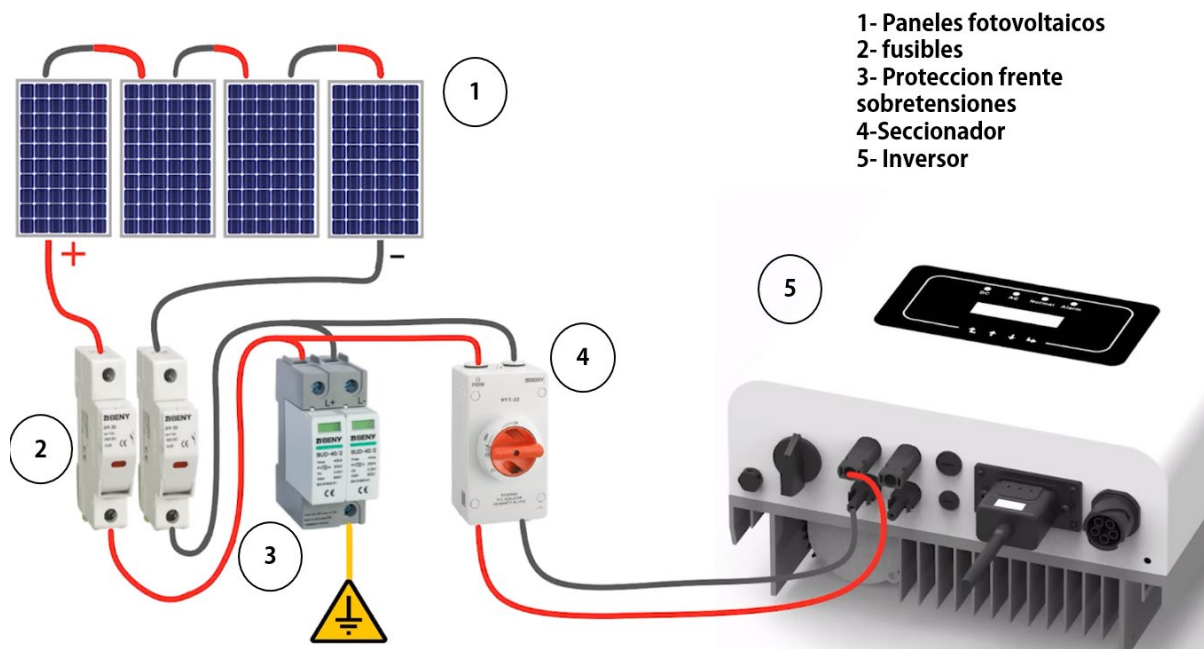


Figura 59. Esquema instalación protecciones. Fuente: elaboración propia

Llevando el anterior esquema a la realidad y realizando las conexiones eléctricas entre los distintos componentes, se ha diseñado la instalación de la caja de protecciones para albergar DOS Strings y sus respectivas conexiones eléctricas para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación y la activación de las distintas protecciones por si se produce algún defecto en la línea. (Ver la siguiente figura).

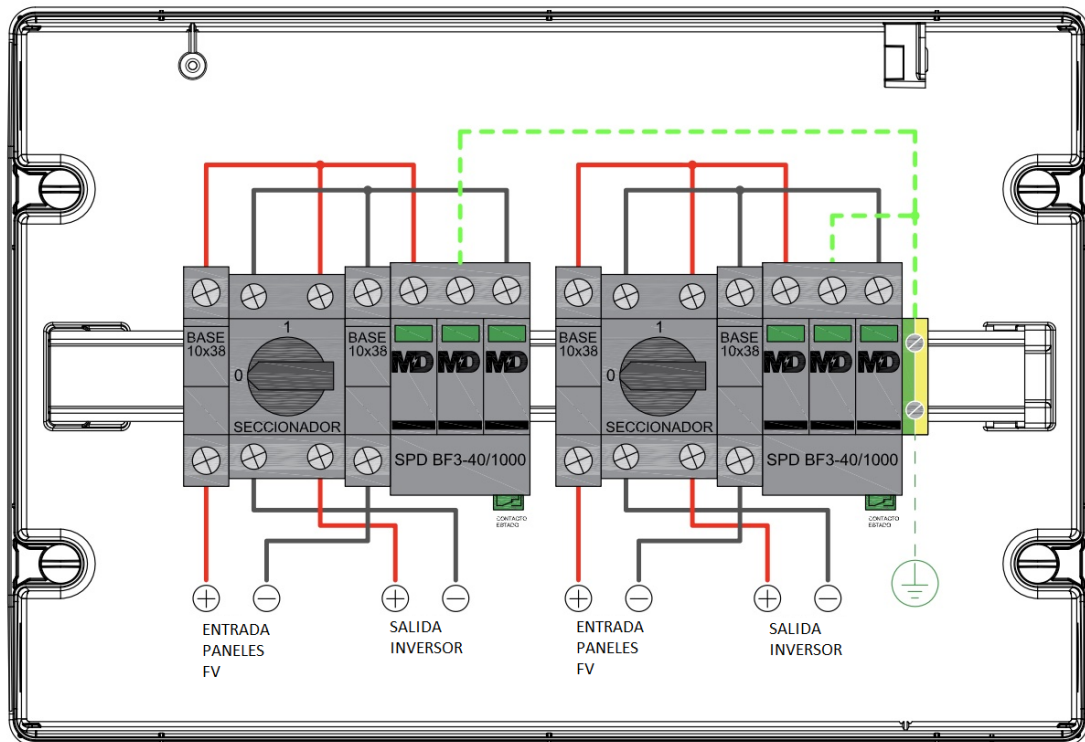


Figura 60. Esquema caja Protecciones para 2 Strings. Fuente: elaboración propia

6.5.2. Protecciones Inversor-Viviendas

En cuanto a las protecciones necesarias, es necesario dimensionar y establecer como se va a realizar la conexión eléctrica. Para poder cumplir con la normativa, es necesario conectar la inyección al contador bidireccional general para así realizar la inyección a red.

El inversor se conecta a los equipos de protección para que permita verter la energía producida a la red eléctrica convencional de forma controlada y dentro de los límites de diseño. En la siguiente figura se muestra un esquema de la instalación.

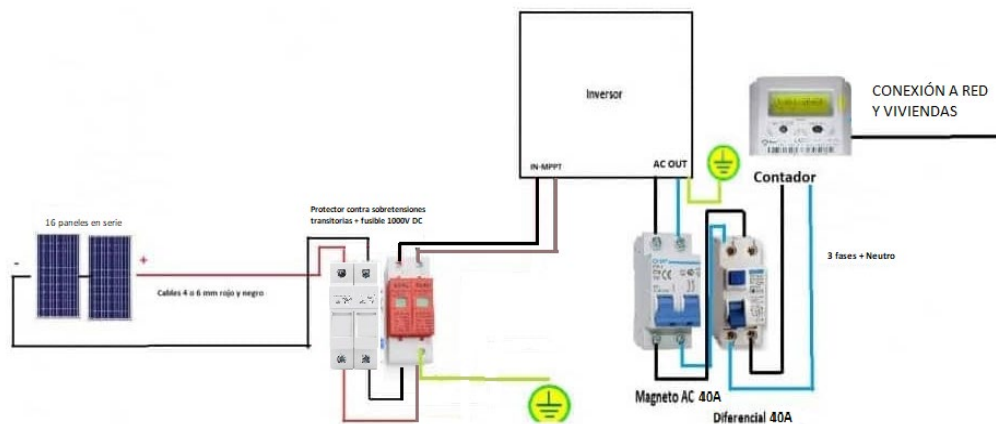


Figura 61. Diseño acometida eléctrica Inversor-Vivienda. Fuente: elaboración propia

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.5.3. Ubicación de los equipos de la comunidad

En cuanto a la ubicación para la instalación de los equipos mencionados anteriormente, es necesario designar un lugar común al que puedan acceder tanto los socios, como los servicios técnicos y de mantenimiento.

Al tratarse de una urbanización que no se encuentra delimitada por muros y que todas las viviendas están conectadas mediante una vía pública y que, no existen zonas comunes, será necesario designar una vivienda encargada para alojar los equipos necesarios ya que no es posible su instalación ni sobre la calzada ni sobre la acera.

Teniendo en cuenta el diseño inicial de la instalación y las longitudes estimadas en la realización de los cálculos, se ha establecido la instalación del armario en una de las viviendas que se encuentran a mitad de la vía ya que, de este modo, se cumplen las dimensiones estimadas y la instalación tiene una geometría simétrica (facilitando su diseño y cálculos) ya que se encuentra a una distancia del punto más lejano de conexión dentro de la longitud establecida. Apréciase en la siguiente figura:



Figura 62. Ubicación del armario eléctrico. Fuente: google maps

Así es necesario la instalación de un armario eléctrico específico para la intemperie y que cuente con las protecciones, estanqueidad y ventilación necesarias. Se ha seleccionado del fabricante Delvalle el modelo MVAD161240 TROPICO, que cuenta con unas dimensiones de 1600mm de alto por 1200 mm de ancho, y cuenta con todas las certificaciones necesarias para uso en exteriores.

El armario se instalará en el patio privado de uno de los propietarios. Para ello será necesario designarlo mediante votación entre los participantes y la persona seleccionada será la encargada de dar acceso a los servicios técnicos para futuras intervenciones, todo mediante previo aviso y estableciendo una fecha concreta. Así mismo, el propietario de la vivienda seleccionada tendrá que designar una persona (a modo de segundo encargado) para cederle una copia de la llave y poder acceder al armario eléctrico en caso de su ausencia.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

En cuanto a la distribución del cableado de los paneles solares, se distribuirán por las fachadas de las viviendas hasta su instalación dentro del armario eléctrico. Teniendo en cuenta que el armario será instalado en un único lado de la calle, es necesario que una de las vertientes de la instalación cruce la calle. Para ello, el cableado se introducirá por una canalización enterrada especial para cableado ya existente, cruzando la calle hasta ser acoplado en el armario eléctrico.

6.6. Procedimiento Acceso y Conexión a la RdT

Para solicitar el acceso y conexión a la red es necesario consultar la normativa, guías y documentación de apoyo que se proporciona por parte de Red Eléctrica (REE).

6.6.1. Normativa aplicable

- Ley del Sector Eléctrico –LSE- (Ley 24/2013, de 26 de diciembre)
- Real Decreto-ley 15/2018
- Real Decreto-ley 23/2020
- Real Decreto-ley 29/2021
- Real Decreto 1955/2000
- Real Decreto 1047/2013
- Real Decreto 413/2014
- Real Decreto 738/2015
- Real Decreto 647/2020
- Real Decreto 1183/2020
- Circular 1/2021

6.6.2. Procedimiento para solicitar el acceso

1. Tramitación de informes de aceptabilidad

El Gestor de la Red de Distribución requiere un informe de aceptabilidad desde la perspectiva de la red de transporte, solicitándolo a través del Portal de Servicios a Clientes. Este informe deberá incluir la siguiente información:

- Completar el formulario web disponible en el Portal de Servicios a Clientes.
- Detalles de la localización geográfica de la instalación, proporcionando planos específicos, como un plano detallado de la situación particular a una escala de 1:50.000 y otro de situación general a una escala de 1:200.000 (se deben adjuntar en formato pdf).
- Indicación de las distancias significativas respecto a las líneas y nudos de la red de transporte (adjuntar en pdf).
- Presentación de un plano general de implantación del conjunto de instalaciones georreferenciado (en formato dwg o shp y pdf), con el máximo nivel de detalle posible según el avance del proyecto. Esto debe incluir tanto las instalaciones de generación como las instalaciones de conexión asociadas, hasta el punto de conexión con la red de transporte.
- Esquema unifilar básico de las instalaciones conectadas a la red de distribución subyacente a través del interfaz transporte-distribución, especificando potencias y características de plantas e instalaciones de conexión.
- Informe general resumido sobre la afectación a la red en la zona.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

2. Permisos de acceso y conexión a la red de transporte

- Plan de Implementación: Este documento abarcará los hitos clave relacionados con la puesta en funcionamiento de las instalaciones que no son parte del sistema de transporte. Incluirá, como mínimo, la fecha prevista para la conexión a la Red de Transporte (en el formato mm/aaaa).
- Presupuesto: Se proporcionará un presupuesto estimado para las instalaciones de generación de electricidad, que incluirá, si aplica, los elementos de almacenamiento, así como las infraestructuras de evacuación.
- Acreditación de la Solicitud de Determinación del Alcance del Estudio de Impacto Ambiental: Se adjuntará la acreditación de la presentación por parte del promotor ante el órgano sustantivo de la solicitud de determinación del alcance del estudio de impacto ambiental, ya sea ordinaria o para la evaluación de impacto ambiental simplificada, según corresponda. En caso de que esta solicitud no se haya presentado, se deberá incluir una comunicación expresa que informe sobre este hecho.
- Acuerdo para el desarrollo de infraestructuras comunes.

3. Pronunciamiento para actualización del permiso de acceso y conexión a la red de transporte

4. Acreditación de hitos administrativos

5. Conexión a la red de transporte (expedientes acogidos a la DT2ª del RD 1183/2020)

6. Pagos, acuerdos y contratos asociados a la conexión a la red de transporte

7. Formularios

8. Tramitación del permiso de inyección excepcional (aumento de la capacidad de acceso para instalaciones en servicio conectadas en nudos de concurso)



Figura 63. Procedimiento para Acceso y Conexión a red. Fuente: Red Eléctrica

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6.7. Análisis del impacto Ambiental

A la hora de analizar el impacto ambiental de la instalación, un factor que está directamente relacionado con él es la cantidad de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) que se genera o que NO se genera con el paso de los años.

PVsyst también dispone de una herramienta para poder analizar tanto el impacto generado por la construcción de la instalación, como una vez está instalada, las emisiones de CO₂ que se ahorrarían con el tiempo.

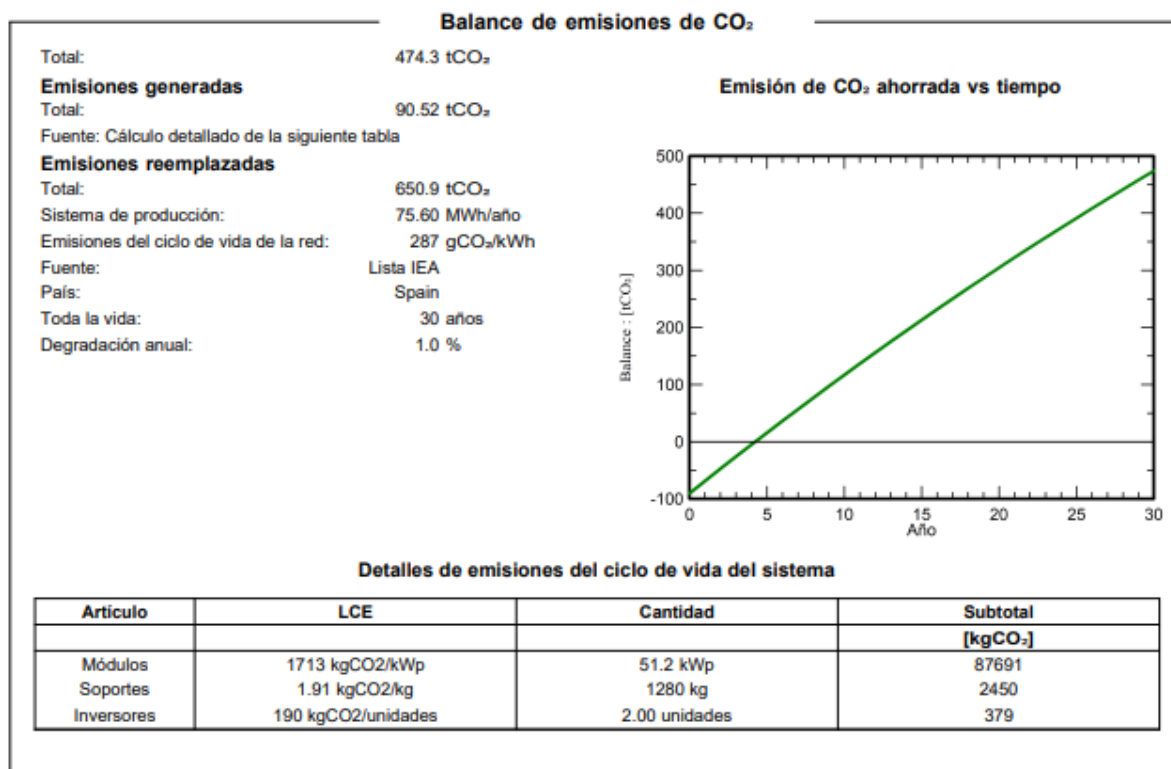


Figura 64. Emisiones de CO₂ evitadas en un plazo de 30 años. Fuente: PVsyst

Como se puede contemplar, la instalación genera un total de 90,52 tCO₂, y ahorraría 650,9 tCO₂ a un plazo de 30 años, siendo el **ahorro neto de 474,3 tCO₂**. Dicho valor sería equiparable a la labor de 24 mil árboles en una sola temporada. Se ha tenido en cuenta la degradación anual del sistema.

6.8. Gestión de la energía entre los socios participantes

Para determinar la energía que se reparte en la instalación, es necesario que los coeficientes de reparto de la energía sean determinados de común acuerdo entre todos los participantes de la comunidad energética y se deben de comunicar a la empresa distribuidora, de forma individual por cada consumidor.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Según el Real Decreto 244/2019:

3. El mecanismo de compensación simplificada consistirá en un saldo en términos económicos de la energía consumida en el periodo de facturación con las siguientes características:

- i. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro con una comercializadora libre:
 - a. La energía horaria consumida de la red será valorada al precio horario acordado entre las partes.
 - b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio horario acordado entre las partes.
- ii. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro al precio voluntario para el pequeño consumidor con una comercializadora de referencia:
 - a. La energía horaria consumida de la red será valorada al coste horario de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor en cada hora, TCUh, definido en el artículo 7 del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.
 - b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio medio horario, Pmh; obtenido a partir de los resultados del mercado diario e intradiario en la hora h, menos el coste de los desvíos CDSVh, definidos en los artículos 10 y 11 respectivamente del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

En ningún caso, el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de la energía horaria consumida de la red en el periodo de facturación, el cual no podrá ser superior a un mes. Asimismo, en el caso de que los consumidores y productores asociados opten por acogerse a este mecanismo de compensación, el productor no podrá participar de otro mecanismo de venta de energía.

La energía horaria excedentaria de los consumidores acogidos al mecanismo de compensación simplificada, no tendrá consideración de energía incorporada al sistema eléctrico de energía eléctrica y, en consecuencia, estará exenta de satisfacer los peajes de acceso establecidos en el Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica, si bien el comercializador será el responsable de balance de dicha energía.

Teniendo en cuenta la normativa y que los asociados a la comunidad deben de determinar en mutuo acuerdo el reparto de energía, se estima que el total de la energía generada se reparte a partes iguales entre todos los miembros de la comunidad, o lo que es lo mismo empleando la fórmula:

$$\beta_i = \frac{P_{ci}}{\sum P_{ci}} \quad (1)$$

Donde:

- P_{ci} potencia contratada por el consumidor i.
- $\sum P_{ci}$ sumatorio de las potencias contratadas por todos los consumidores de la instalación.

Obteniendo un *coeficiente de reparto del 4,35 %*, lo que supone una potencia de *1.438,8 kWh anual*.

Capítulo 7: Estudio económico

En este punto, es necesario analizar el rendimiento de la instalación para determinar si la inversión realizada por los usuarios de la comunidad energética es viable a largo plazo y supone un ahorro en la factura eléctrica. Para ello, se analizará el flujo de caja total de la inversión, en la que primero se realizará la inversión de la instalación y la mano de obra, se estudiarán los ahorros obtenidos en las facturas eléctricas y las compensaciones por los excesos de energía inyectados en red y se tendrá en cuenta los costes de mantenimiento durante la vida útil del proyecto.

7.1. Estudio de costes de la instalación

El coste total de la instalación asciende a 55.061,95€ como se detalla en el presupuesto adjunto. Será necesaria su financiación a un plazo estimado de 5 años, siendo un total de 60 mensualidades. Los intereses establecidos para dicho periodo se establecen en un 5%, que se traducen en un total de 1.039,09€ mensuales.

Según lo establecido en el reparto de la energía producida, será necesario determinar de igual forma el pago de dicha financiación. Por lo que, repartiendo el importe entre la totalidad de los socios incluidos en la comunidad energética (23 socios) supone un abono de 45,2€ durante todo el periodo de 60 meses.

7.2. Estudio de costes de mantenimiento

Es necesario evaluar los costes inducidos por el mantenimiento periódico de la instalación fotovoltaica. Para ello y dado que se han seleccionado componentes de alta calidad diseñados para su instalación en el exterior con condiciones ambientales cambiantes, es necesario determinar qué acciones serían necesarias realizar en el mantenimiento preventivo anual:

1. Revisión de las fijaciones de la estructura, así como de los anclajes de los paneles a estas
2. Limpieza de la superficie de los paneles
3. Revisión del armario eléctrico general
4. Monitorización de la producción de energía

Para estas acciones, se ha estimado un coste de mantenimiento del 1% que, a nivel de importe, supone un gasto anual de 551€ mensuales, a dividir entre los 23 miembros que se incluyen en la comunidad, supone un coste de 24€ por miembro.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

7.3. Estudio viabilidad económica y periodo de amortización

El principal objetivo para el desarrollo de este proyecto es la motivación de establecer una forma de abastecimiento verde de energía que involucrase generación sostenible, así como la descentralización del poder de las comercializadoras. Esto se traduce en la obtención de unos beneficios económicos en los participantes de la comunidad generados de una forma innovadora y sostenible.

Pero este acuerdo mutuo tiene una vida útil estimada de 25 años, siendo prolongable unos años más si se aseguran unas condiciones de funcionamiento y de mantenimiento adecuadas. Es por ello, que es necesario llevar a cabo un estudio de la viabilidad de la instalación para ese periodo de 25 años.

Para llevar a cabo el estudio económico para un proyecto energético es necesario analizar el coste que supone el abastecimiento la energía frente a las ganancias y el ahorro producido por los términos de compensación energética.

Comparando los resultados obtenidos en la simulación y dado que por la noche existe un consumo que las placas fotovoltaicas no son capaces de suplir ya que no se genera energía, es necesario obtener energía eléctrica de la red, lo cual induce en pagar al precio horario de esa energía a la distribuidora. Este aspecto se compensa con el exceso de energía que se genera durante el día ya que la instalación no requiere de tanto consumo y permite vender el exceso de energía mediante el término de compensación energética.

En la tabla adjunta se puede observar el balance del flujo de la energía generada.

Tabla 5. Flujo de energía de la instalación. Fuente: propia

Mes	Energía demandada por usuario (kWh)	Energía suministrada al usuario (kWh)	Energía inyectada a la red (kWh)
Enero	5589	1693	1576
Febrero	5773	1878	1798
Marzo	5520	2330	3856
Abril	5658	2680	4811
Mayo	4347	2263	6674
Junio	5589	2769	5992
Julio	8832	4456	5269
Agosto	10051	4670	4021
Septiembre	8671	3666	3117
Octubre	6946	2625	2551
Noviembre	6762	2197	1469
Diciembre	5980	1864	1326
AÑO	79718	33091	42460

A la vista de los resultados obtenidos, se puede contemplar que en ningún mes la energía inyectada en las viviendas es superior a la demandada por los usuarios. Esto es debido a que, como se ha

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

mencionado antes, al tener en cuenta los consumos horarios de los usuarios, se conoce también su consumo nocturno y por ello de toda la energía que se genera no se puede abastecer toda durante el día y el exceso se vierte a la red siendo necesario el abastecimiento por las noches desde red.

Esto no es problema ya que, más adelante, cuando se realice el estudio de la viabilidad del proyecto, se podrá contemplar que por la compensación económica de dichos excesos se generan los beneficios suficientes para la amortización de la instalación.

En todo estudio económico es necesario incluir el análisis de rentabilidad en el que se determine el cálculo de tasas internas de retorno (TIR) y valores actuales netos (VAN), que son indicadores clave de la rentabilidad del proyecto.

Por ello para calcular el VAN se necesita estimar el flujo de efectivos futuros asociados a la instalación, la inversión inicial y la tasa de descuento. Una vez calculado, además de conocer si el proyecto será rentable o no, nos da información de a partir de qué periodo de tiempo se recuperaría la inversión inicial. Se calcula como:

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

Donde:

- F_t : es el flujo de dinero en cada período t.
- I_0 : valor de la inversión inicial realizada en el momento t=0.
- n: número total de periodos de tiempo, que en este caso se refiere a años.
- K: tasa de descuento.

Es necesario saber interpretar el resultado y para ello:

- Un VAN positivo indica que el proyecto podría ser aceptable, ya que los flujos de efectivo futuros generan un valor presente neto positivo.
- Un VAN negativo sugiere que, bajo la tasa de descuento especificada, los flujos de efectivo futuros no generan suficiente valor presente neto para justificar la inversión.

Respecto al cálculo del TIR, representa el porcentaje de ganancias o pérdidas que la instalación generará comparado con el presupuesto inicial y se calcula mediante la fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad (3)$$

El cálculo del TIR implica encontrar la tasa de descuento que hace que el valor actual neto (VAN) de los flujos de efectivo sea igual a cero.

Es necesario saber interpretar el resultado y para ello:

- Un $TIR > k$ indica que el proyecto podría ser aceptable, ya que la tasa de rendimiento interna supera la rentabilidad mínima de la instalación. Se podrá llevar a cabo el proyecto

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- Un VAN < k sugiere que no se lleve a cabo el proyecto ya que no se cumple el requisito de la rentabilidad mínima no resulta económicamente viable.

Teniendo en cuenta todos los apartados que se han descrito anteriormente, se han llevado a cabo todos los cálculos en una hoja de cálculo que se muestra a continuación:

Año	Producción (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Excedente (kWh)	Inversión (€)	Ingresos (€)	Coste Financiación (€)	Coste Mantenimiento (€)	Flujo Caja No Actualizado (€)	Ganancias (€)	Flujo Caja Actualizado (€)	Valor Actualizado Neto (€)
1	75554	37777	37777	55061,95	9444	1039,09	551	-47207	-47207	-47207	- 47.207 €
2	75176	37588	37588		9397	1039,09	551	7807	-39400	7580	- 39.627 €
3	74800	37400	37400		9350	1039,09	551	7760	-31640	7534	- 32.093 €
4	74426	37213	37213		9303	1039,09	551	7714	-23926	7489	- 24.604 €
5	74054	37027	37027		9257	1039,09	551	7667	-16259	7444	- 17.161 €
6	73684	36842	36842		9210	0	551	8660	-7599	8408	- 8.753 €
7	73316	36658	36658		9164	0	551	8614	1015	8363	- 390 €
8	72949	36474	36474		9119	0	551	8568	9583	8318	7.929 €
9	72584	36292	36292		9073	0	551	8522	18105	8274	16.203 €
10	72221	36111	36111		9028	0	551	8477	26582	8230	24.433 €
11	71860	35930	35930		8983	0	551	8432	35014	8186	32.619 €
12	71501	35750	35750		8938	0	551	8387	43401	8143	40.762 €
13	71143	35572	35572		8893	0	551	8342	51743	8099	48.861 €
14	70788	35394	35394		8848	0	551	8298	60041	8056	56.917 €
15	70434	35217	35217		8804	0	551	8254	68295	8013	64.931 €
16	70082	35041	35041		8760	0	551	8210	76504	7970	72.901 €
17	69731	34866	34866		8716	0	551	8166	84670	7928	80.829 €
18	69382	34691	34691		8673	0	551	8122	92792	7886	88.715 €
19	69036	34518	34518		8629	0	551	8079	100871	7844	96.558 €
20	68690	34345	34345		8586	0	551	8036	108907	7802	104.360 €
21	68347	34173	34173		8543	0	551	7993	116899	7760	112.120 €
22	68005	34003	34003		8501	0	551	7950	124849	7718	119.838 €
23	67665	33833	33833		8458	0	551	7908	132757	7677	127.515 €
24	67327	33663	33663		8416	0	551	7865	140622	7636	135.151 €
25	66990	33495	33495		8374	0	551	7823	148445	7595	142.747 €

Figura 65. Análisis de la rentabilidad económica. Fuente: propia

Se ha establecido un descenso de producción del 0,5% anual debido a la degradación de los paneles, así como un coste de mantenimiento del 1%. Además, respecto al precio de la energía se ha estimado en 0,16€ el kWh y en 0,09€ el precio del kWh. excedente.

Por ello, analizando los resultados se puede determinar que el **VAN** obtenido en el año 25 del proyecto es de **142.747€**, confirmando que la instalación es rentable. Respecto al **TIR** para el mismo periodo se ha obtenido del 17% y, por tanto, es válida la inversión en el proyecto y se puede llevar a cabo asegurando resultados positivos. Observando en el gráfico que la inversión se recuperaría a partir del **octavo (8) año**.

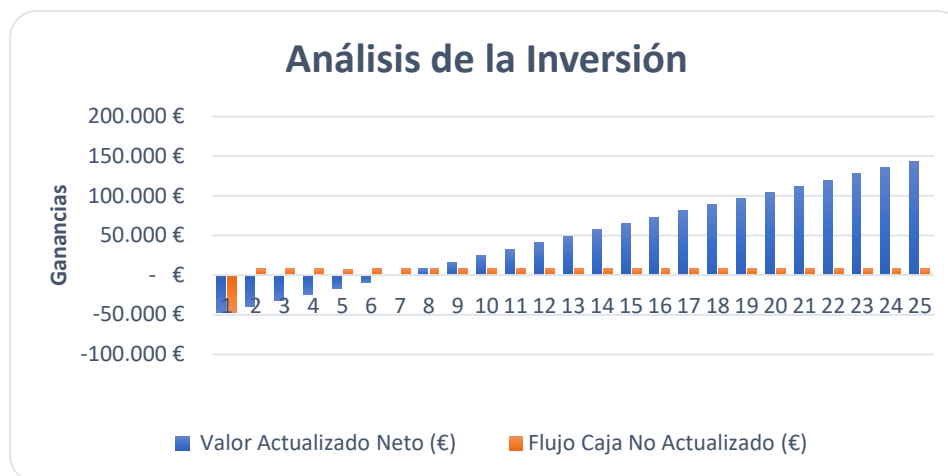


Figura 66. Análisis de la inversión. Fuente: propia

Capítulo 8. Conclusiones

Se ha llevado a cabo el estudio, el diseño y demostración de la viabilidad de la comunidad energética de Ambroz, el cual, ha permitido ofrecer una alternativa viable y más rentable para abastecer de energía eléctrica a una urbanización compuesta de 23 viviendas participantes. El proyecto se ha llevado a cabo siguiendo la normativa aplicable.

Se ha realizado un estudio de vigilancia tecnológica para tratar de incorporar tecnologías novedosas a la comunidad energética. Además, supone un valor añadido proporcionar esta información al Ayuntamiento de Ambroz, ya que puede disponer de un enfoque distinto de cara a nuevas instalaciones municipales y/o viviendas.

Partiendo de la factura eléctrica de uno de los residentes de la urbanización se ha estimado el consumo total anual, como dato para dimensionar la instalación, (79.718 kWh anuales). Teniendo en cuenta la ubicación de la urbanización, se han estudiado las posibles fuentes de energía renovable y finalmente se ha seleccionado la energía solar fotovoltaica para implementar la comunidad energética.

Mediante el software PVsyst se ha establecido la superficie necesaria para poder generar la energía eléctrica necesaria, también se ha utilizado para diseñar la instalación fotovoltaica con un azimut de -80º y una inclinación de 15º (paralelo a la cubierta de las viviendas). dando como resultado una producción anual de 75.554 kWh mediante un total de 128 paneles fotovoltaicos y 2 inversores.

De la producción diaria de esta instalación, aproximadamente 33.092 kWh se consumirán por los miembros de la comunidad, y los 42.462 kWh restantes (aproximadamente un 43,8% de la producción), serán directamente inyectados a la red eléctrica, generando un ahorro económico de 9.450€ anuales.

El estudio económico elaborado, ha demostrado la viabilidad de la instalación, resultando valores de VAN de 142.747€ y de TIR de 17%, lo que indica que la inversión se amortizará en ocho años. Con la implementación de esta comunidad energética se estima un ahorro de CO2 de 474,3 tCO2.

Este proyecto reafirma con evidencias que las comunidades energéticas renovables suponen una nueva y mejorada forma de abastecer de energía a sus miembros, además está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS-7.

9. Bibliografía

- [1] Ayuntamiento de Vegas del Genil (2023). Disponible en la URL: <https://www.vegadelgenil.es/>
- [2] Emisiones de gases efecto invernadero (2020). Disponible en la URL: <https://ecopalabras.com/2021/12/21/las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-de-la-economia-espanola-2008-2020/>
- [3] Balance Energético de España, disponible en la URL: (https://energia.gob.es/balances/Balances/balandeenergeticoanual/Balance-Energetico-Espana-2021_v0.pdf) (Última actualización 09/01/2023)
- [4] Bunzeck, I. G., & Rösch, C. (2021). Community energy in Europe: A review of definitions, concepts, and actors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110627.
- [5] Schelly, C., Schuitema, G., & Scarpellini, S. (2020). Community energy in Europe: A review of key trends and issues. *Renewable Energy*, 145, 1062-1078.
- [6] Comunidades Energéticas en las comunidades autónomas. Disponible en el siguiente URL: (<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/comunidades-energeticas-vigentes-en-las-distintas-comunidades-autonomas>).
- [7] Comunidad energética Comptem. En el URL: <https://www.solarinfo.es/2023/04/05/nueva-instalacion-de-autoconsumo-compartido-para-la-comunidad-energetica-comptem-en-crevillent>
- [8] IRENA. (2021). Renewable Energy Communities. Recuperado de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_RE-Communities_2021.pdf
- [9] European Commission. (2019). Clean Energy for All Europeans. Recuperado de https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/2019-01/clean_energy_for_all_europeans_-_fact_sheet_-_community_energy.pdf
- [10] Raza, S. A., et al. (2021). Techno-economic analysis of community solar: A review. *Renewable Energy*, 163, 1124-1140.
- [11] Hansen, U. E., et al. (2020). Local participation in wind energy development: Community benefits and social acceptance in Denmark. *Energy Policy*, 139, 111310.
- [12] Han, X., et al. (2021). Community-based small hydro power systems in rural areas of developing countries: A review. *Energies*, 14(5), 1355.
- [13] Mapa eólico de España, disponible en el URL: <https://www.mapaeolicoiberico.com/map;latitude=39.26551;longitude=-0.46184;altura=50;dato=micro>

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

[14] Mapa topográfico de España, disponible en el URL: <https://es-es.topographic-map.com/map-d9rbkl/Ambroz/>

[15] 2017 The World Bank, Solar resource data: Solargis. Disponible en el URL: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/spain>

[16] Software online PVGIS, disponible en: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

[17] Vigilancia tecnológica, disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/centro-nacional-tecnologia-regadios/vigilancia-tecnologica/>

[18] Página web del catastro, sitio web: <https://www.sedecatastro.gob.es/>

[19] *Weather Spark*. (2023). Sitio web: <https://es.weatherspark.com/y/36668/Clima-promedio-en-C%C3%BAllar-Vega-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Documento N.º 2: PRESUPUESTO

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1. Necesidad del presupuesto

Para tener en cuenta el coste total del proyecto y exponerlo frente a los posibles participantes, es necesario la elaboración de un presupuesto que proporcione una planificación financiera detallada para llevar a cabo todas las actividades propuestas en el proyecto. También facilita el control de gastos durante la ejecución del proyecto. Al tener una estimación detallada de los costos, se puede monitorear y gestionar eficientemente el uso de los recursos para evitar desviaciones importantes del presupuesto inicial. Y, por último, el factor más importante para este proyecto en el que el cliente final son los residentes de la urbanización que proporciona transparencia sobre cómo se utilizarán los recursos asignados al proyecto.

2. Datos del Proyecto

- Nombre del Proyecto: Estudio, Diseño Y Viabilidad De Una Comunidad Energética
- Ubicación: Ambroz
- Fecha: septiembre 2024
- Cliente: Comunidad de vecinos de la Calle Pedro de Mena
- Responsable del Proyecto: Jose Carlos García Fajardo

3. Descripción del Proyecto

- Objetivo: Instalación y creación de una comunidad energética.
- Número de Viviendas/Usuarios: 23 viviendas
- Capacidad Total de la Instalación (kWh): 88
- Sistema de Conexión:
 - Conexión a Red
 - Autoconsumo con Excedentes y Compensación

4. Componentes del Sistema

4.1. Paneles Solares

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Paneles Solares	Modulo FV JKM400M-72	128	175,70 €	22.489,60 €
Estructuras de Montaje	Kit Estructura Universal Coplanar 8 paneles (Teja, hormigón, madera o metálica)	16	179,00 €	2.864,00 €

4.2. Inversores

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Inversores	Inversor SUN2000-20KTL-M2-380V	2	2.364,72 €	4.729,44 €

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

4.3. Cableado y Conexiones

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Cableado CC	Cable Solar 6mm Negro – TOPSOLAR H1Z2Z2-K (Flexible)	400	1,19 €	476,00 €
Cableado CA	MANGUERA ELÉCTRICA 4G16 CABLE FLEXIBLE COLOR NEGRO RV-K 1000V	100	9,99 €	999,00 €
Aislantes	Tubo corrugado Negro 32mm 50 m	4	28,02 €	112,06 €
Cuadro Eléctrico	Armario exteriores Delvalle MVAD161240 TROPICO	1	3.199,95 €	3.199,95 €
Caja Protecciones	BENY String Box BHS-2/2 1000V (2 entradas – 2 salidas)	4	249,00 €	996,00 €

4.4. Protecciones y Seguridad

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Portafusibles CC	Portafusibles BENY 1000Vdc hasta 30A	16	2,90 €	46,40 €
Fusibles CC	Fusible 15A 10x38mm	16	1,50 €	24,00 €
Protecciones contra Sobretensiones	Sobretensiones DC SPD Tipo2 1000v BUD-40/3	8	29,90 €	239,20 €
Seccionadores CC	BENY Seccionador 1000V 4P	8	25,90 €	207,20 €
Magnetotérmicos	Magnetotérmico DC BENY 1000v 16A	3	17,90 €	53,7 €
Diferenciales	Diferencial superinmunizado CHINT 2P 40A 300mA (clase A si)	2	47,90 €	98,5 €
Contador Bidireccional	Contador Bidireccional Monofásico-Trifásico 100A MAXGE	1	148,00	148,00 €

5. Servicios de Instalación y Mano de Obra

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio/h (€)	Total (€)
Diseño, Panificación y Estudio de Viabilidad	Ingeniería	180	50,00 €	9.000,00 €
Montaje de la instalación	Oficial 1º Eléctrico	80	20,00 €	1.600,00 €
	Instalador	100	17,00 €	1.700,00 €
	Ayudante de electricista	80	15,00 €	1.200,00 €

6. Otros Costes

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Transporte y Logística	Coste del envío y transporte de los Materiales	1	950,00 €	950,00 €
	Coste del desplazamiento del personal Instalador	1	60,00 €	60,00 €

7. Resumen de Costes Totales

Categoría	Total (€)
Componentes del Sistema	33.860,05 €
Protecciones y Seguridad	3.856,90 €
Servicios de Instalación y Mano de Obra	16.335,00 €
Otros Costos	1.010,00 €
Total sin IVA	43.498,94 €
TOTAL GENERAL (+21% IVA)	55.061,95 €

El presupuesto del presente proyecto para el diseño e implementación de una comunidad energética en el municipio granadino de Ambroz, asciende a un total de **55.061,95€** (cincuenta y cinco mil sesenta y uno con noventa y cinco euros) IVA incluido.

Documento N.º 3: PLIEGO DE CONDICIONES

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1. OBJETO DEL CONTRATO

El presente pliego tiene por objeto definir las condiciones técnicas y administrativas necesarias para la instalación, puesta en marcha, mantenimiento y operación de una Comunidad Energética en la localidad de Ambroz que englobe la instalación fotovoltaica comunitaria, el suministro de energía a los socios y la gestión de excedentes a la red.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como fin proporcionar un sistema de autoconsumo colectivo mediante una instalación fotovoltaica, que abastezca la demanda energética de las viviendas participantes en la comunidad. Las condiciones abarcan el diseño, suministro, instalación, conexión a la red, gestión de excedentes, operación y mantenimiento de la planta fotovoltaica comunitaria.

3. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

3.1. Normativa Aplicable

El proyecto se desarrollará cumpliendo la normativa vigente, incluyendo, pero no limitado a:

- Real Decreto 244/2019, por el que se regulan las condiciones del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 900/2015, que regula las condiciones de suministro y el acceso a la red de autoconsumo.
- Normas técnicas de conexión a la red eléctrica del operador de red.
- Normativa de eficiencia energética aplicable.
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

3.2. Responsabilidades

Sera necesario llevar a cabo por la parte instaladora:

- Realizar todas las gestiones necesarias para obtener permisos y licencias.
- Elaborar y presentar los estudios técnicos, informes, y planes de ejecución necesarios.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- La correcta ejecución de los trabajos conforme al proyecto y normativa.
- Garantizar la seguridad en la obra.
- Aportar toda la documentación técnica para la legalización de la instalación.

3.3. Garantías

La parte instaladora deberá ofrecer las siguientes garantías:

- Garantía de la instalación: Un periodo mínimo de 5 años sobre el correcto funcionamiento de la instalación.
- Garantía de producción fotovoltaica: Garantía de un rendimiento mínimo de los paneles fotovoltaicos (usualmente 80% de la potencia nominal tras 25 años).
- Garantía de inversores y otros equipos: Garantía mínima de 5 años para inversores y equipos de regulación.
- Seguro de responsabilidad civil: Que cubra posibles daños materiales o personales derivados de la instalación.

4. CONDICIONES TÉCNICAS

4.1. Componentes

Los equipos y materiales deben cumplir con las siguientes características:

- Paneles Fotovoltaicos: Módulos Jinkosolar JKM400M-72H con tecnología cristalina, eficiencia >18%, certificación IEC 61215 e IEC 61730.
- Inversores Inversor Huawei de 20 KW modelo SUN2000-20KTL-M2-380V de alta eficiencia (>98%) con un mínimo de dos MPPT, certificados bajo norma IEC 62109.
- Estructuras de Soporte: Resistencia a la corrosión (acero galvanizado o aluminio anodizado), ajustadas a las cargas de viento de la zona.
- Cableado: Cables de alta calidad, conforme a la norma UNE-HD 60364-5-52, que soporten condiciones de intemperie.
- Sistema de Monitorización: Software de monitorización para el seguimiento y análisis en tiempo real de la producción, consumo y excedentes de la energía producida.
- Protecciones: Sistema de protecciones eléctricas, fusibles, diferenciales y pararrayos según normativa UNE-EN 50539.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

4.3. Condiciones de Conexión a la Red

- El sistema deberá permitir la conexión con la red eléctrica de distribución y cumplir con todos los requisitos del operador de red (REE o distribuidora local).
- Deberá instalarse un contador bidireccional para medir la energía inyectada a la red y la consumida.
- Deberán instalarse los equipos necesarios para realizar el balance neto de energía y la compensación de excedentes conforme a lo establecido en la normativa vigente.

4.4. Seguridad y Protección

- Se instalarán sistemas de protección contra sobretensiones tanto en corriente continua (CC) como en corriente alterna (CA).
- El sistema deberá contar con protecciones contra fallos a tierra y sobrecorrientes.
- Los paneles y estructuras deberán conectarse adecuadamente a tierra.
- Se garantizará el cumplimiento del REBT para evitar riesgos eléctricos.

4.5. Mantenimiento

Deberá incluir un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que garantice la operatividad de la instalación. Este plan debe cubrir:

- Limpieza periódica de los paneles.
- Revisión del cableado y conexiones.
- Inspección de las protecciones y equipos.

5. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

5.1. Plazo de Ejecución

El plazo máximo de ejecución del proyecto será de 90 días naturales desde la firma del contrato, incluyendo la entrega de todas las certificaciones y licencias necesarias para la puesta en marcha.

5.2. Hitos del Proyecto

- Fase 1: Obtención de permisos y licencias (20 días).
- Fase 2: Suministro de equipos y materiales (15 días).
- Fase 3: Instalación de paneles e inversores (30 días).
- Fase 4: Conexión a la red y pruebas de puesta en marcha (7 días).

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

6. PRESUPUESTO

6.1. Presupuesto General

El presupuesto incluirá todos los costes relacionados con:

- Diseño y estudios técnicos preliminares.
- Adquisición de equipos y materiales.
- Mano de obra para la instalación.
- Costes administrativos y obtención de permisos.
- Transporte de materiales.
- Gastos de mantenimiento (durante el periodo de garantía).

El coste total del proyecto será de 55.061,95€ desglosado en capítulos como se especifica a continuación.

6.2. Desglose de Costes

1. Coste de Equipos:

- Paneles fotovoltaicos.
- Inversores.
- Cableado, estructuras y sistemas de soporte.
- Equipos de protección y medición.

2. Coste de Mano de Obra:

- Instalación de paneles.
- Montaje de inversores y cableado.
- Conexión a la red.

3. Gastos Generales:

- Permisos y licencias.
- Transporte y logística.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

- Seguro de responsabilidad civil.

7. ANEXOS

- Plano general de la instalación.
- Esquema unifilar de la instalación.
- Especificaciones técnicas detalladas de los equipos.

8. CONCLUSIONES

Este pliego de condiciones establece las bases técnicas y administrativas necesarias para la realización de la instalación fotovoltaica de una Comunidad Energética en Ambroz, con el objetivo de fomentar el autoconsumo colectivo y promover la sostenibilidad energética. La ejecución del proyecto deberá cumplir estrictamente con los requisitos normativos y técnicos indicados, garantizando su viabilidad y eficiencia en el largo plazo.

Documento N.º 4: PLANOS



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA

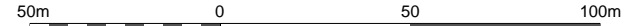
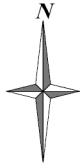
SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

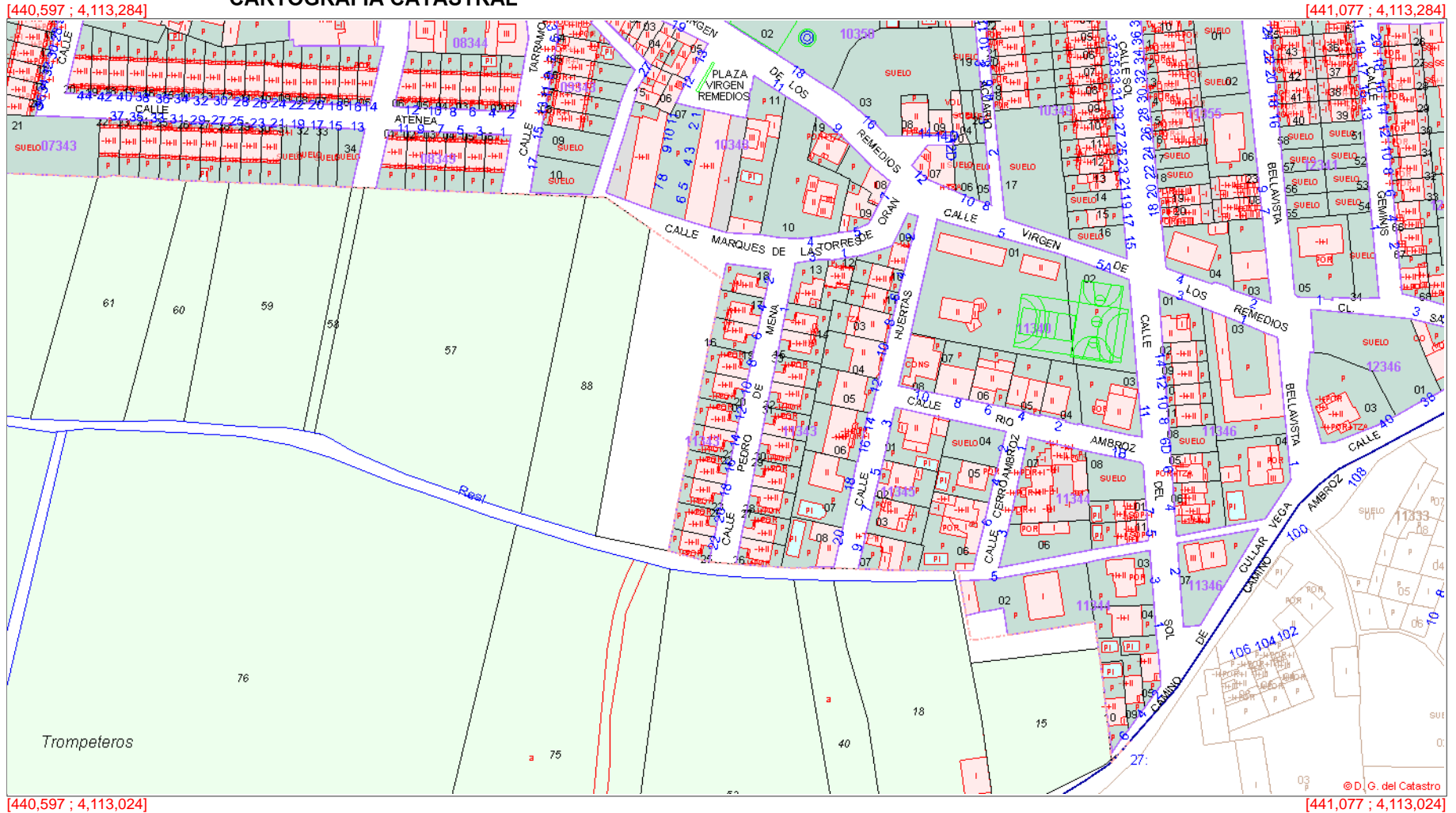


Provincia de GRANADA
Municipio de VEGAS DEL GENIL
Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89

ESCALA 1:2,000



CARTOGRAFÍA CATASTRAL





GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO DE HACIENDA Y FUNCIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

Referencia catastral: 1134319VG4103D0001AH

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Localización:

CL PEDRO DE MENA [AM] 8

18102 VEGAS DEL GENIL [GRANADA]

Clase: URBANO

Uso principal: Residencial

Superficie construida: 182 m2

Año construcción: 2005

Construcción

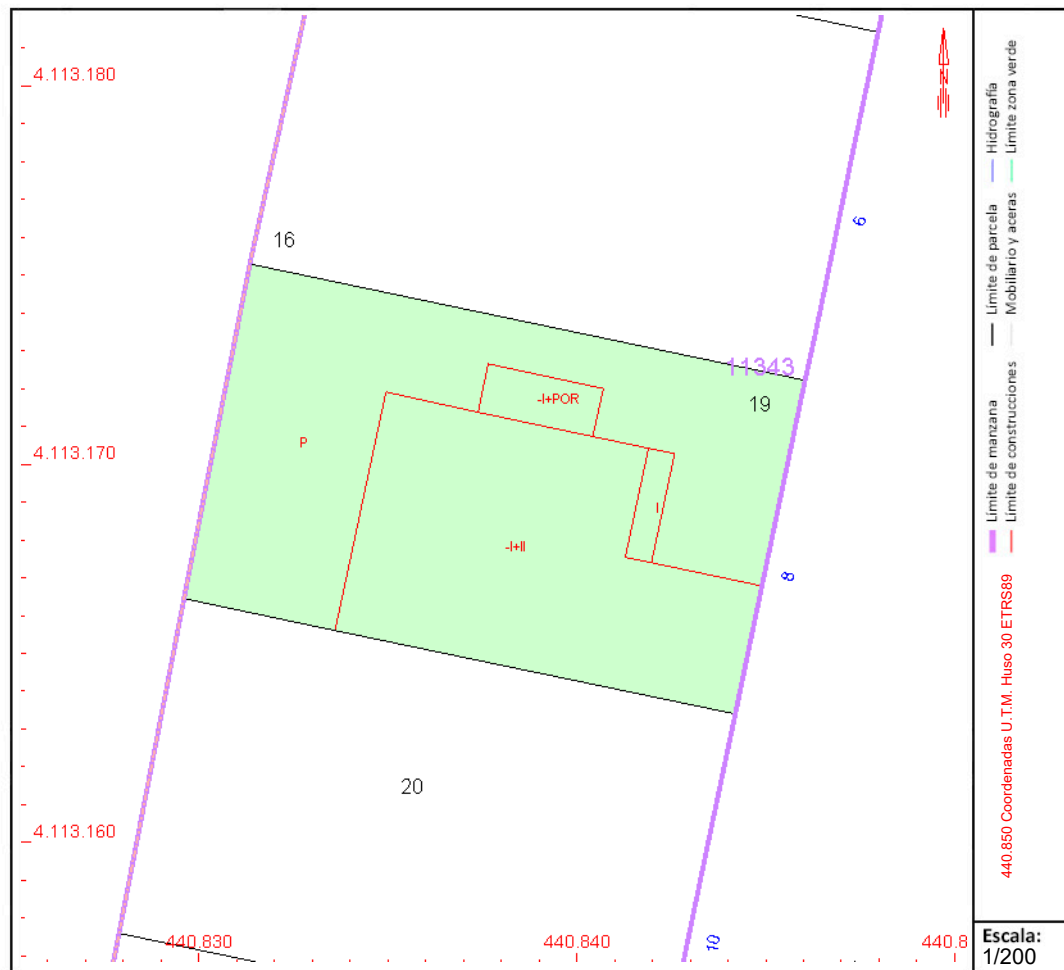
Destino	Escalera / Planta / Puerta	Superficie m ²
APARCAMIENTO	1/-/1/01	62
ALMACEN	1/00/01	2
VIVIENDA	1/00/02	58
VIVIENDA	1/01/02	60

PARCELA

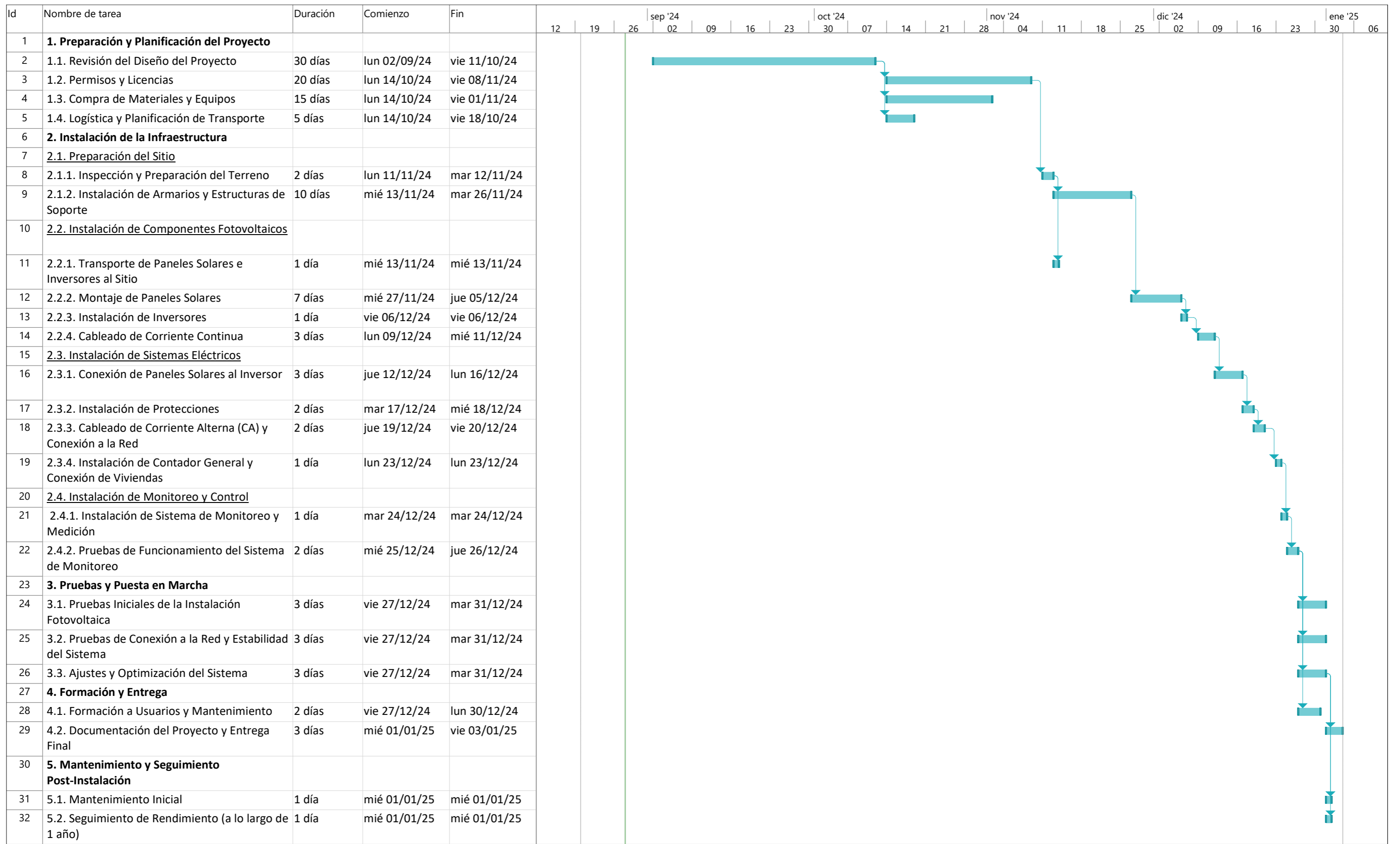
Superficie gráfica: 134 m2

Participación del inmueble: 100,00 %

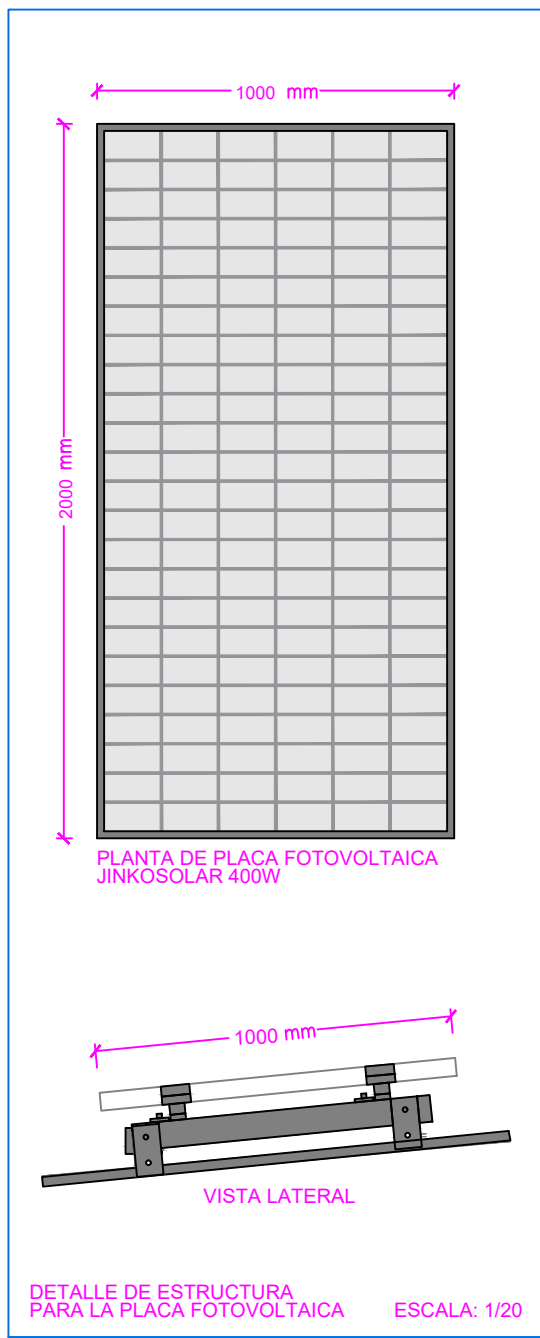
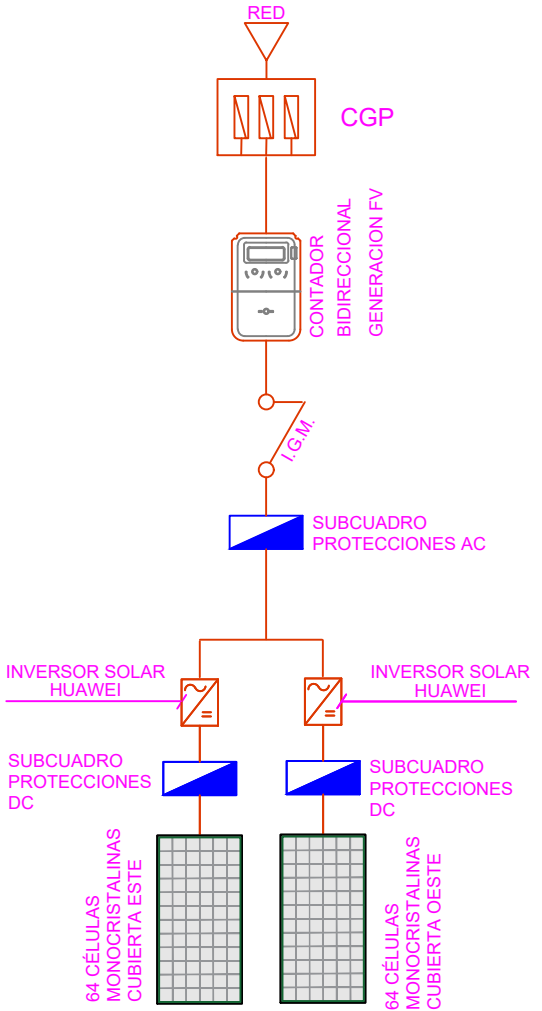
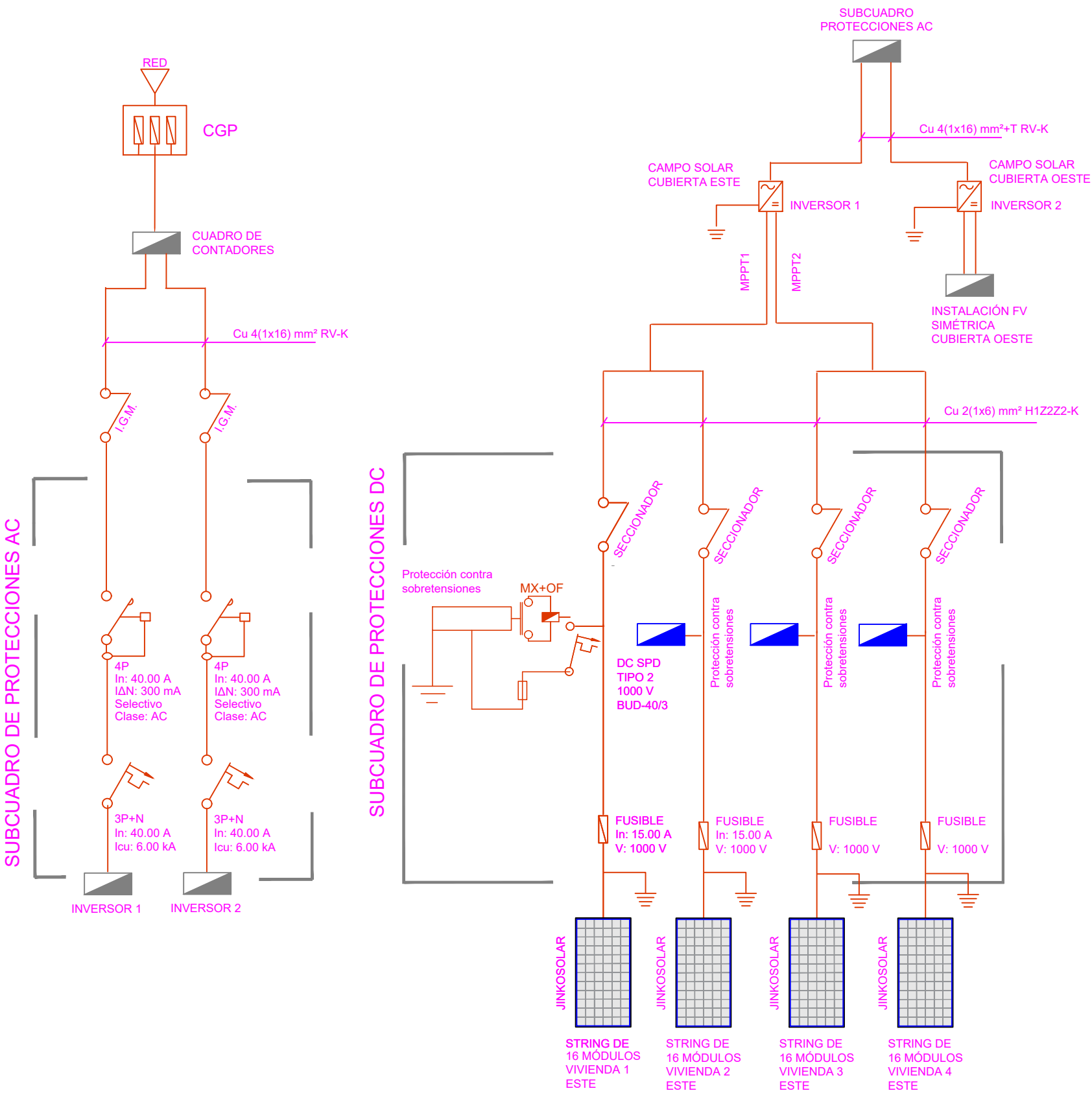
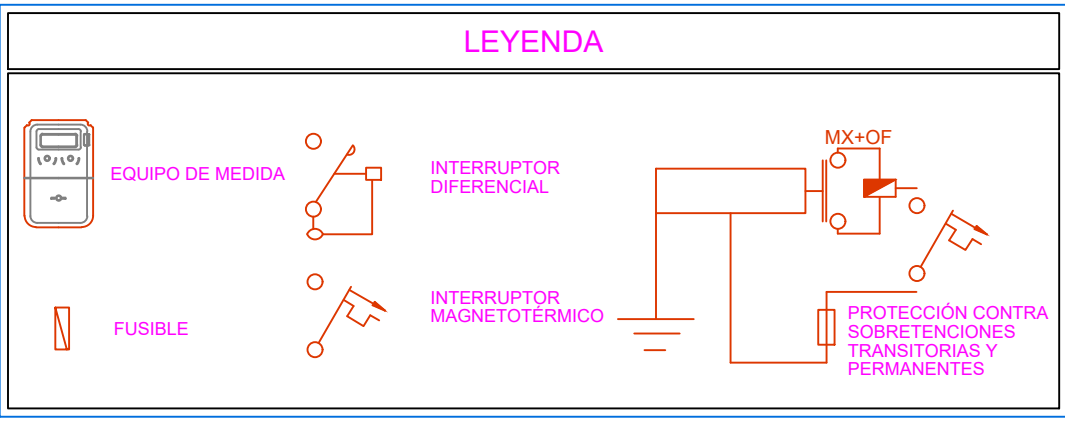
Tipo: Parcela construida sin división horizontal



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos de la SEC"



Proyecto: COMUNIDAD ENERG Fecha: mié 28/08/24	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha límite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			



Documento N.º 5: ANEXOS

1. Cálculo de la sección de los conductores

En España hay múltiples normas y reglamentos que regulan las instalaciones fotovoltaicas, especificando los requisitos técnicos y de seguridad. Algunas de las normativas que se toman en cuenta en el cálculo de secciones de cables eléctricos en instalaciones fotovoltaicas se muestran a continuación:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT): En el reglamento se establecen las exigencias técnicas y garantías que deben cumplir las instalaciones eléctricas de baja tensión. También dice algo sobre la selección y dimensionamiento de conductores eléctricos.
- IEC 60502: establece las especificaciones de los cables con aislamiento extruido diseñados para una capacidad que oscila entre una capacidad de voltaje de 1 kV a 30kV.
- IEC 60228: Especificaciones relacionadas con conductores de cables aislados
- EC 60364-5-52 Parte 5-52: Selección y montaje de equipos eléctricos. Elección y montaje de Sistemas de cableado
- IEC 62548: establece los requisitos para la evaluación de la conformidad de los sistemas de energía solar fotovoltaica.

Para el diseño de la instalación fotovoltaica es necesario determinar la sección de los cables teniendo en cuenta su función, por ello, la instalación cuenta con dos tipos distintos de cableado:

- Cableado de conexiones módulos-String (CC): Estos conductores son los encargados de conectar los módulos de los Strings hasta alcanzar la entrada del inversor y están situados en la parte trasera de las estructuras fotovoltaicas.
- Cableado inversor-punto de inyección (CA): Estos conductores por otro lado, se encargan de conectar el inversor hasta el punto de conexión a la red eléctrica y se encuentran enterrados en el suelo.

Se han utilizado los Criterios Térmico y de Caída de Tensión para seleccionar los cables. Es crucial garantizar que las corrientes que fluyen a través de los cables no representen un peligro para la integridad del conductor y que la sección del conductor seleccionada no permita una caída de tensión superior al 1,5%.

Es necesario definir como valores de diseño los siguientes parámetros iniciales:

- Temperatura ambiente: 45°C.
- Temperatura del terreno: 20°C.
- Coeficiente térmico de resistividad del terreno: 1.5 km/W.
- Profundidad de los cables enterrados: 0,5 m para aplicaciones BT.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1.1. CABLEADO DE LOS MÓDULOS CC

1.1.1. Criterio térmico

Los parámetros que influyen en la determinación de la sección del cableado son los siguientes:

- Voltaje del string a la máxima potencia (V_{mpp}): $16 \times 41,7 \text{ V} = 667,2 \text{ V}$
- Intensidad del String a la máxima potencia (I_{mpp}): $1 \times 9,6 \text{ A} = 9,6 \text{ A}$.
- Máxima corriente del String (I_{sc}): $1 \times 10,36 \text{ A} = 10,36 \text{ A}$

La sección del conductor se diseña de acuerdo al criterio de la máxima corriente, que representa la corriente máxima que puede circular por el mismo. Y se halla mediante la siguiente fórmula:

$$I_z = I_{SC \text{ PV}} - I_{SC \text{ string}} \quad (7)$$

Es necesario emplear la siguiente fórmula para calcular la corriente máxima permitida para los conductores:

$$I_{z \text{ cable}} = I_N * f_1 * f_2 * f_3 \quad (8)$$

Donde las variables que intervienen en la fórmula son:

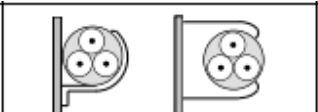
- I_z cable: Máxima corriente permitida para el cable en condiciones de trabajo.
- I_N : Corresponde a la corriente nominal para condiciones estándar.
- f_1 : Es el factor corrector que tiene en cuenta la temperatura ambiente.
- f_2 : Se refiere al factor corrector que considera el agrupamiento de los cables.
- f_3 : Indica el factor corrector relacionado con la resistividad térmica del terreno.

El cable solar está diseñado para instalarse en la parte trasera del panel solar, pegado a la superficie de éste y expuesto directamente al aire. Esto se debe a que las cajas de conexión de los paneles están detrás de ellos.

De acuerdo con la norma IEC 60364-5-52 y sus tablas B.52.1 y B.52.3, que contemplan conductores de cobre con aislamiento XLPE a temperatura ambiente de 30°C y de 20°C. Los valores de corriente nominal para los dos casos de estudio se pueden determinar consultando las tablas específicas de la normativa.

En un primer caso de estudio, se selecciona un cable de sección de 6 mm² y se comprueba si cumple con la norma y con la intensidad máxima admisible que se impone:








Tabla 1. Método de instalación del cableado. Fuente: IEC 60364-5-52

20		Cables unipolares o multipolares: – fijados sobre una pared de madera o mampostería o separados de la pared menos de 0,3 veces el diámetro del cable ^c	C
----	---	--	---

Al ir el cable por el aire, presenta un método de instalación de Tipo C.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Tabla 2: Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502

$$I_{N,C} = 58 A$$

Teniendo en cuenta los factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30°C y un aislamiento XLPE y EPR, de la tabla 3 se obtiene el factor de temperatura para cables en el aire:

Tabla 3: Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	MineraF*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

$$f_{1,C} = 0,87$$

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Usando la tabla adjunta, se obtiene el factor de reducción para un cable unipolar o multipolar para usarse con las corrientes de las tablas B.52.2 a B.52.13 y teniendo en cuenta la disposición de los cables para el método C.

Para instalaciones fotovoltaicas, en el diseño de los Springs se utilizan cables unipolares con doble aislamiento y gran resistencia a la intemperie.

Tabla 4: Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares												Para usarse con las corrientes admisibles, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F

$$f_{2,c} = 1,00$$

Con estos valores obtenidos, se calcula la ampacidad, del cable que es la corriente máxima, medida en Amperios, que el conductor es capaz de transportar bajo las condiciones de uso normales sin exceder su clasificación de temperatura.

Según el IEC 60364-7-712, la ampacidad del cable debe ser al menos 1,25 veces mayor que la $I_{cc \max}$ que se da en la instalación para asegurar que la instalación es segura. Por lo tanto, se puede calcular la ampacidad del conductor como:

$$I_{z \text{ cable}} \geq 1,25 * I_{SC \text{ string}} \quad (9)$$

Por lo que:

$$I_{z \text{ cable}} = 50,46 \geq 1,25 * 10.36 = 12,95 \text{ A}$$

Se puede observar que la capacidad de carga de corriente para un cable de sección de 6 mm² SI es superior al 125% de la corriente máxima calculada, por ello, el cable cumpliría con los requerimientos impuestos por el IEC 60364-7-712.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1.1.2. Criterio de máxima caída de tensión:

Para poder calcular la caída de tensión máxima es necesario emplear la fórmula:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{2 \cdot I \cdot R}{U} * 100\% = \frac{2 \cdot I_{mpp}}{V_{mpp}} * L * R * 100\% \quad (10)$$

Donde se desconoce la resistividad del cable a su temperatura máxima y es necesario calcularla previamente. Primero, se halla la temperatura máxima del conductor y seguidamente, se evalúa la resistencia a esa temperatura en concreto.

$$T = T_o + (T_{max} - T_o) * (I/I_{max})^2 \quad (11)$$

Donde las variables que intervienen en la fórmula son:

T: Temperatura del conductor

T_o : Temperatura ambiente del conductor sin carga, estimada en 45°C.

T_{max} : Temperatura máxima de trabajo del cable, 90°C.

I: Corriente que circula a través del conductor (A).

I_{max} : La máxima corriente eléctrica que el conductor es capaz de soportar bajo las condiciones de trabajo.

$$T = 45 + (90 - 45) * \left(\frac{9,6}{21,64}\right)^2 = 53,85^\circ C$$

Sustituyendo este valor de temperatura en la fórmula siguiente, la Resistencia es de:

$$R_T = R_{20^\circ C} * \left(1 + \left(\frac{3,93}{1000}\right) * (T - 20)\right) \quad (12)$$

$$R_T = 3,39 * \left(1 + \left(\frac{3,93}{1000}\right) * (53,85 - 20)\right) = 3,84 \Omega/km$$

Teniendo en cuenta la información proporcionada y considerando una longitud significativa de del cable (tanto positivo como negativo y mayorada un 10%) es de 110 metros para el cable solar (tanto positivo como negativo) con un aumento del 10 %, se obtiene:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{2 * 9,6}{667,20} * \frac{0,11}{2} * 3,84 * 100\% = 0,6078\%$$

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

La norma establece un límite de caída de tensión del 1.5%, y en los cálculos realizados se ha obtenido un valor del 0,6078%, estando por debajo del umbral de la normativa y cumpliendo así el requisito de máxima caída de tensión.

1.1.3. Cálculo de las protecciones para CC

- **Cálculo del fusible:**

$$\text{Tensión: } Voc * (N^{\circ} \text{ paneles en serie}) * 1,20 \quad (13)$$

$$\text{Tensión: } 49,8 \text{ V} * 16 * 1,20 = \mathbf{956,16 \text{ V}}$$

$$\text{Corriente: } I_{sc} * 1,25 \quad (14)$$

$$\text{Corriente: } 10,36 \text{ A} * 1,25 = \mathbf{12,95 \text{ A}}$$

Según la guía técnica BT-22, el fusible debe cumplir con la siguiente ecuación:

$$1,25 * I_{SC} \leq I_p \leq I_z \quad (15)$$

Por ello, se necesita un portafusibles que soporte los 956 V y 12,95 A. Se ha seleccionado el Portafusibles del fabricante BENY 1000Vdc hasta 30 A, con un precio por unidad de 2,90€.

En cuanto al fusible, se selecciona del mismo fabricante que el portafusibles siendo uno de 15 A y 1000V marca BENY con un precio unitario de 1,50€.

- **Protecciones magneto térmicas:**

Para el cálculo del magnetotérmico necesario, se emplean los valores obtenidos en las ecuaciones (13) y (14), siendo los valores de 956,16 V y 12,95 A. Para el mismo fabricante que el fusible encontramos, un interruptor de corriente continua de 1200V y 16A con un precio de 17,90€.

- **Protecciones contra sobretensiones SPD:**

Se emplean los valores obtenidos en las ecuaciones (13) y (14), siendo los valores de 956,16 V para la instalación de 16 paneles y 12,95 A. El fabricante BENY ofrece uno para estas condiciones anteriores, el modelo Tipo2 1000V BUD-40/3 con un precio unitario de 29,90€.

- **Elección del seccionador:**

El seccionador seleccionado que es mayor que el Voltaje e Intensidad máxima de la instalación es también del fabricante BENY modelo 1000V 4P 32 A con un precio/ unidad de 25,90€.

- **Caja de protecciones:**

Será necesario una caja donde instalar todas las protecciones nombradas anteriormente, y para ello se ha escogido la Caja Protecciones BENY String Box BHS-2/2 1000V (2 entradas – 2 salidas) por un precio de 249,00€.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1.2. CABLEADO DEL INVERSOR CA

1.2.1. Criterio térmico



Emplearemos la misma fórmula que para el cálculo del cableado de corriente continua.

$$I_{z\ cable} = I_N * f_1 * f_2 * f_3 \quad (8)$$

Según la hoja de características del inversor, se la corriente máxima permitida es $I_{sc} = 33,5$ A. La potencia nominal activa del inversor es de 20 kW en CA.

El cableado necesario que conecte el inversor al punto de conexión de la red se diseñará para que discurra bajo tierra en conducto cerrado.

Tabla 5. Método de instalación del cableado. Fuente: IEC 60364-5-52

70		Cable multipolar en tubo o en conducto cerrado de sección no circular en el suelo	D1
71		Cable unipolar en tubo o en conducto cerrado de sección no circular en el suelo	D1

En la siguiente tabla se determinan las corrientes admisibles para cables de cobre aislados con PVC y con una temperatura ambiente de 30°C y de 20°C en el terreno.

Tabla 6. Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1							
2	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18	19
2,5	18	17,5	21	20	24	24	24
4	24	23	28	27	32	30	33
6	31	29	36	34	41	38	41
10	42	39	50	46	57	50	54
16	56	52	68	62	76	64	70
25	73	68	89	80	96	82	92
35	89	83	110	99	119	98	110
50	108	99	134	118	144	116	130
70	136	125	171	149	184	143	162
95	164	150	207	179	223	169	193
120	188	172	239	206	259	192	220
150	216	196	262	225	299	217	246
185	245	223	296	255	341	243	278
240	286	261	346	297	403	280	320
300	328	298	394	339	464	316	359

$$I_N = 50 \text{ A}$$

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Se obtiene el factor corrector de temperatura para el método D1.

Tabla 7: Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

$$f_1 = 1,00$$

Se obtiene el factor corrector de agrupamiento para más de un circuito, considerado 4 circuitos de cables.

Tabla 8: Factores de reducción para más de un circuito, cables directamente enterrados –Método de instalación D1 de las tablas B.52.2 a B.52.5

A) Cables multipolares en conductos individuales				
Número de cables	Distancia entre conductos *			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86

$$f_2 = 0,70$$

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

Paso seguido, se determina el factor de resistividad del terreno para conductores enterrados.

Tabla 9: Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

$$f_3 = 1,28$$

Una vez que ya se han determinado todas las variables que intervienen en la ecuación, se calcula la capacidad máxima de los conductores:

$$I_{z\ cable} = I_N * f_1 * f_2 * f_3 = 50 * 1,00 * 0,70 * 1,28 = 44,8\ A$$

Cumpliendo:

$$I_{z\ cable} > I_{design}$$

Donde:

$$I_{z\ cable} = 44,8\ A \quad \text{y} \quad I_{design} = 33,5\ A$$

Analizando los valores obtenidos, y de cara a futuros, se decide implementar una sección mayor por si en algún momento se incorporan nuevos miembros a la comunidad y es necesario instalar más placas solares, pudiendo ser más rentable a largo plazo que para una sección menor, por ello la sección del nuevo cableado sería de 16mm² con una corriente nominal de 64 A, donde recalculando se obtiene:

$$I_{z\ cable} = I_N * f_1 * f_2 * f_3 = 64 * 1,00 * 0,70 * 1,28 = 57,34\ A$$

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los cálculos anteriores, el cableado necesario para cumplir con las especificaciones del inversor, necesitaría contar con una sección de 16mm² con 4 conductores.

Al aumentar la sección del cable puede suponer un gasto inicial que repercutiría en el precio final de la inversión inicial, pero al incrementar la sección, se disminuye la resistencia del cable causando que disminuya la resistencia de los mismos. Esto se traduce en un ahorro a largo plazo que compensarían esta inversión inicial.

ESTUDIO, DISEÑO Y VIABILIDAD DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN AMBROZ

1.2.2. Criterio de caída de tensión

Para poder calcular la caída de tensión máxima es necesario emplear la fórmula:

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} * L * I * \frac{100}{U_n * S * \mu} \quad (16)$$

Las variables que intervienen son:

- La longitud de los cables (L) se estima en 50 metros, ya que el punto de inyección se encuentra a la entrada de la urbanización.
- La corriente (I) es igual a 33,5 A.
- La tensión nominal (Un) es de 400 V.
- (S) es la sección del conductor.
- La conductividad del cobre (μ) a 90°C, para el caso más desfavorable, tiene un valor de 44 mm² por ohmio (44 m/ Ω ·mm²)

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} * 50 * 33,5 * \frac{100}{400 * 16 * 44} = 1,03 \leq 1,5\%$$

Por tanto, se obtiene una caída de tensión del 1,03% cumpliendo el máximo impuesto por la normativa del 1,5%, satisfaciendo la norma y asegurando el correcto dimensionamiento del cableado.

1.2.3. Protecciones para CA

Accediendo a la hoja de características del inversor, podemos observar que el modelo seleccionado posee todas las protecciones necesarias en caso de un cortocircuito, sobretensión o incluso contra descargas eléctricas, se muestra en la imagen adjunta todas las protecciones que se incluyen:

Características y protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobretensión de CA	Sí
Protección contra cortocircuito de CA	Sí
Protección contra sobretensión de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Protección contra descargas atmosféricas CC	Type II
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, Clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11
Monitorización de corriente residual	Sí
Protección contra fallas de arco	Sí
Control del receptor Ripple	Sí
Recuperación integrada de PID ⁴	Sí

Figura 1. Características y protecciones del inversor seleccionado. Fuente: hoja de características

A la salida del inversor es necesario la instalación de un magnetotérmico así como de un diferencial:

- Diferencial: 40 A con poder de corte en cortocircuito 6kA y sensibilidad de disparo 300 mA.
- Magneto térmico:40 A

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Proyecto Ambroz

Variante: Simulacion Este y Oeste

Tablas en un edificio

Potencia del sistema: 51.2 kWp

Ambroz - España



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Resumen del proyecto

Sitio geográfico Ambroz España	Situación Latitud 37.16 °N Longitud -3.67 °W Altitud 630 m Zona horaria UTC+1	Configuración del proyecto Albedo 0.20
Datos meteo Ambroz Meteonorm 8.1 (2001-2017) - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red Simulación para el año nº 1	Tablas en un edificio	
Orientación campo FV Planos fijos 2 orientaciones Inclin./azimuts 15 / -80 ° 15 / 100 °	Sombreados cercanos Sombreados lineales	Necesidades del usuario Valores mensuales
Información del sistema Generador FV Núm. de módulos 128 unidades Pnom total 51.2 kWp	Inversores Núm. de unidades 2 unidades Pnom total 40.0 kWca Proporción Pnom 1.280	

Resumen de resultados

Energía producida 75553 kWh/año	Producción específica 1476 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 81.35 %
Energía usada 79718 kWh/año		Fracción solar (SF) 41.51 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6
Gráficos predefinidos	7
Diagrama unifilar	8
Costo del sistema	9
Balance de emisiones de CO ₂	10



Proyecto: Proyecto Ambroz

Variante: Simulacion Este y Oeste

PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación

Planos fijos 2 orientaciones
Inclin./azimuts 15 / -80 °
15 / 100 °

Horizonte

Horizonte libre

Tablas en un edificio

Configuración de cobertizos

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Modelos usados

Transposición Perez
Difuso Perez, Meteororm
Circunsolar separado

Necesidades del usuario

Valores mensuales

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
5.59	5.77	5.52	5.66	4.35	5.59	8.83	10.1	8.67	6.95	6.76	5.98	79.7	MWh/mes

Características del generador FV

Módulo FV

Fabricante Jinkosolar
Modelo JKM400M-72H
(Base de datos PVsyst original)
Unidad Nom. Potencia 400 Wp
Número de módulos FV 128 unidades
Nominal (STC) 51.2 kWp

Conjunto #1 - Oeste

Orientación #2
Inclinación/Azimut 15/100 °
Número de módulos FV 64 unidades
Nominal (STC) 25.60 kWp
Módulos 4 Cadenas x 16 En series

En cond. de funcionam. (40°C)

Pmpp 24.31 kWp
U mpp 619 V
I mpp 39 A

Conjunto #2 - Este

Orientación #1
Inclinación/Azimut 15/-80 °
Número de módulos FV 64 unidades
Nominal (STC) 25.60 kWp
Módulos 4 Cadenas x 16 En series

En cond. de funcionam. (40°C)

Pmpp 24.31 kWp
U mpp 619 V
I mpp 39 A

Potencia FV total

Nominal (STC) 51 kWp
Total 128 módulos
Área del módulo 258 m²
Área celular 229 m²

Inversor

Fabricante Huawei Technologies
Modelo SUN2000-20KTL-M2-380V
(Base de datos PVsyst original)
Unidad Nom. Potencia 20.0 kWca
Número de inversores 2 unidades
Potencia total 40.0 kWca

Número de inversores 2 * MPPT 50% 1 unidad
Potencia total 20.0 kWca

Voltaje de funcionamiento 160-950 V
Potencia máx. (=>45°C) 22.0 kWca
Proporción Pnom (CC:CA) 1.28
No hay reparto de potencia entre MPPTs

Número de inversores 2 * MPPT 50% 1 unidad
Potencia total 20.0 kWca

Voltaje de funcionamiento 160-950 V
Potencia máx. (=>45°C) 22.0 kWca
Proporción Pnom (CC:CA) 1.28
No hay reparto de potencia entre MPPTs

Potencia total del inversor

Potencia total 40 kWca
Número de inversores 2 unidades
Proporción Pnom 1.28
Sin reparto de potencia



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida 2.5 %

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida 1.0 %

Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida 0.2 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

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

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia

Uc (const) 20.0 W/m²K

Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida -1.0 %

Módulo de degradación media

Año n° 1

Factor de pérdida 0.4 %/año

Desajuste debido a la degradación

Dispersión Imp RMS 0.4 %/año

Dispersión Vmp RMS 0.4 %/año

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global 69 mΩ

Res. de cableado global 34 mΩ

Frac. de pérdida 0.4 % en STC

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida 2.0 % en MPP

Pérdidas del sistema.

Indisponibilidad del sistema

Frac. de tiempo 2.0 %

7.3 días,

3 períodos

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del inv. hasta el punto de inyección

Voltaje inversor 380 Vca tri

Frac. de pérdida 1.02 % en STC

Inversor: SUN2000-20KTL-M2-380V

Sección cables (2 Inv.) Cobre 2 x 3 x 16 mm²

Longitud media de los cables 50 m



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
 18/01/24 16:29
 con v7.4.0

Resultados principales

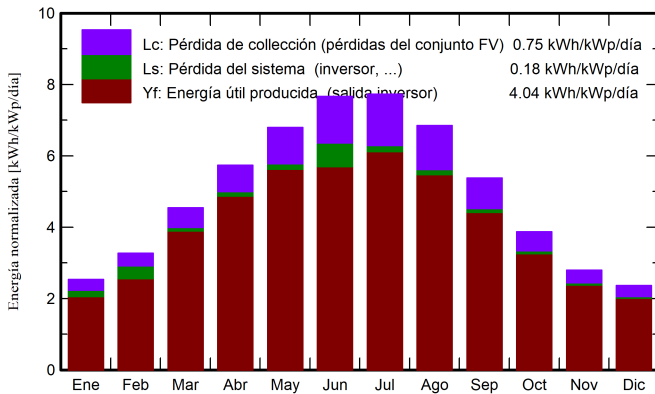
Producción del sistema

Energía producida	75553 kWh/año	Producción específica	1476 kWh/kWp/año
Energía usada	79718 kWh/año	Proporción rend. PR	81.35 %
		Fracción solar (SF)	41.51 %

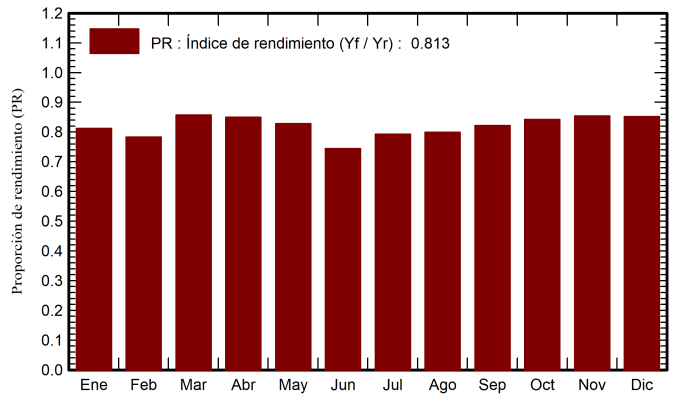
Evaluación económica

Inversión		Costo anual		LCOE	
Global	32.211.04 EUR	A anualidades	0.00 EUR/año	Costo energético	0.03 EUR/kWh
Específico	0.63 EUR/Wp	Costos de func.	945.89 EUR/año		
		Período de recuperación productivo			

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	79.4	27.18	5.98	78.6	71.9	3556	5589	1693	1576	3896
Febrero	93.2	38.80	7.66	91.7	85.4	4183	5773	1878	1798	3896
Marzo	142.9	52.31	10.95	140.8	132.6	6341	5520	2330	3856	3190
Abril	175.2	68.49	13.79	172.2	163.1	7681	5658	2680	4811	2977
Mayo	214.2	70.76	18.44	210.8	200.5	9171	4347	2263	6674	2084
Junio	233.5	69.04	23.67	230.0	219.0	9774	5589	2769	5992	2819
Julio	243.8	58.71	26.69	239.5	228.3	9989	8832	4456	5269	4376
Agosto	215.4	59.25	26.24	212.3	201.8	8920	10051	4670	4021	5380
Septiembre	163.4	51.23	21.11	161.3	152.3	6955	8671	3666	3117	5005
Octubre	121.9	43.50	16.45	120.1	112.4	5302	6946	2625	2551	4321
Noviembre	84.8	30.18	9.80	83.8	77.0	3759	6762	2197	1469	4566
Diciembre	74.1	24.56	6.72	73.1	66.3	3274	5980	1864	1326	4116
Año	1841.8	594.00	15.67	1814.0	1710.7	78905	79718	33092	42461	46626

Leyendas

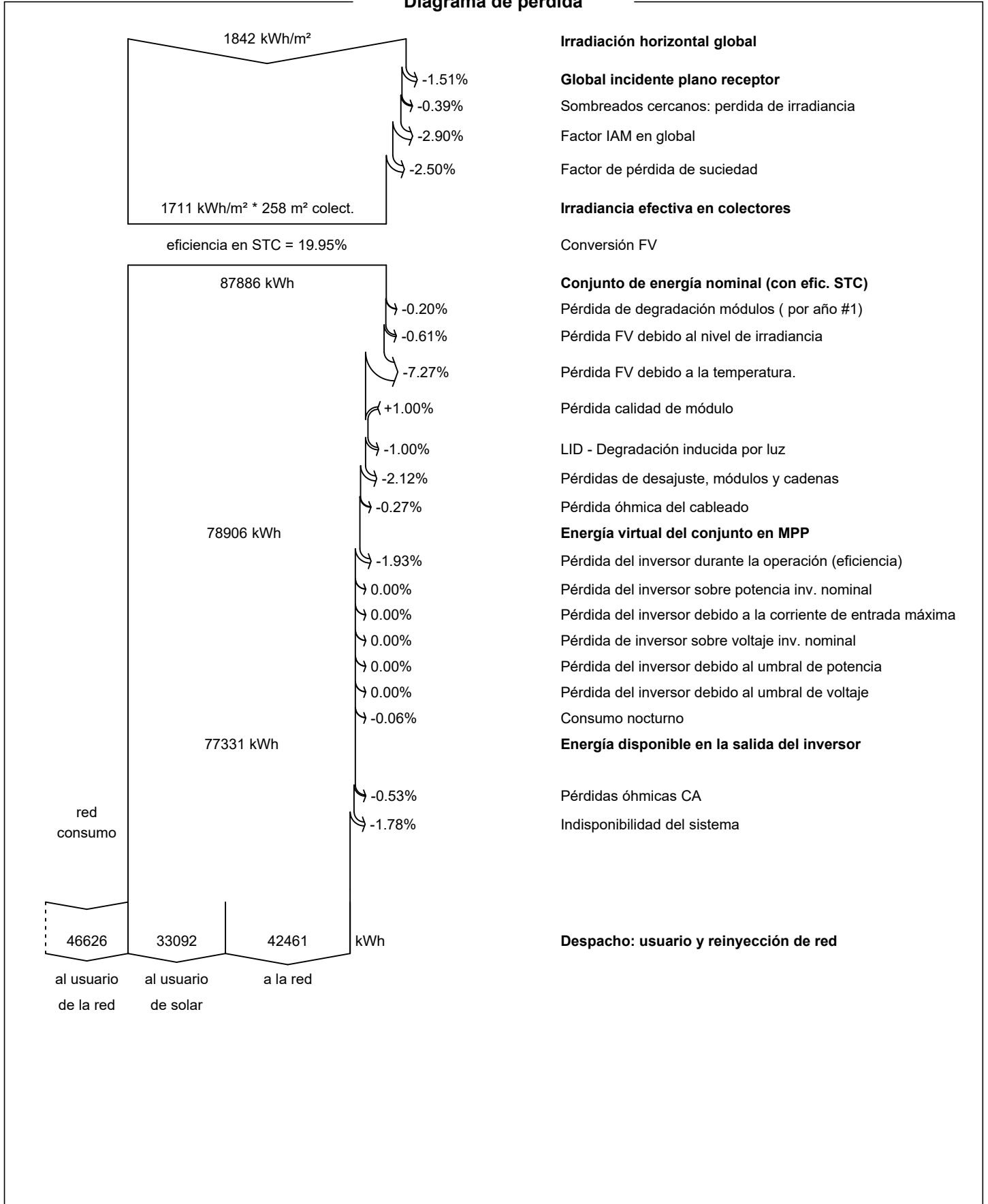
GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_User	Energía suministrada al usuario
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energía del sol
GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Diagrama de pérdida



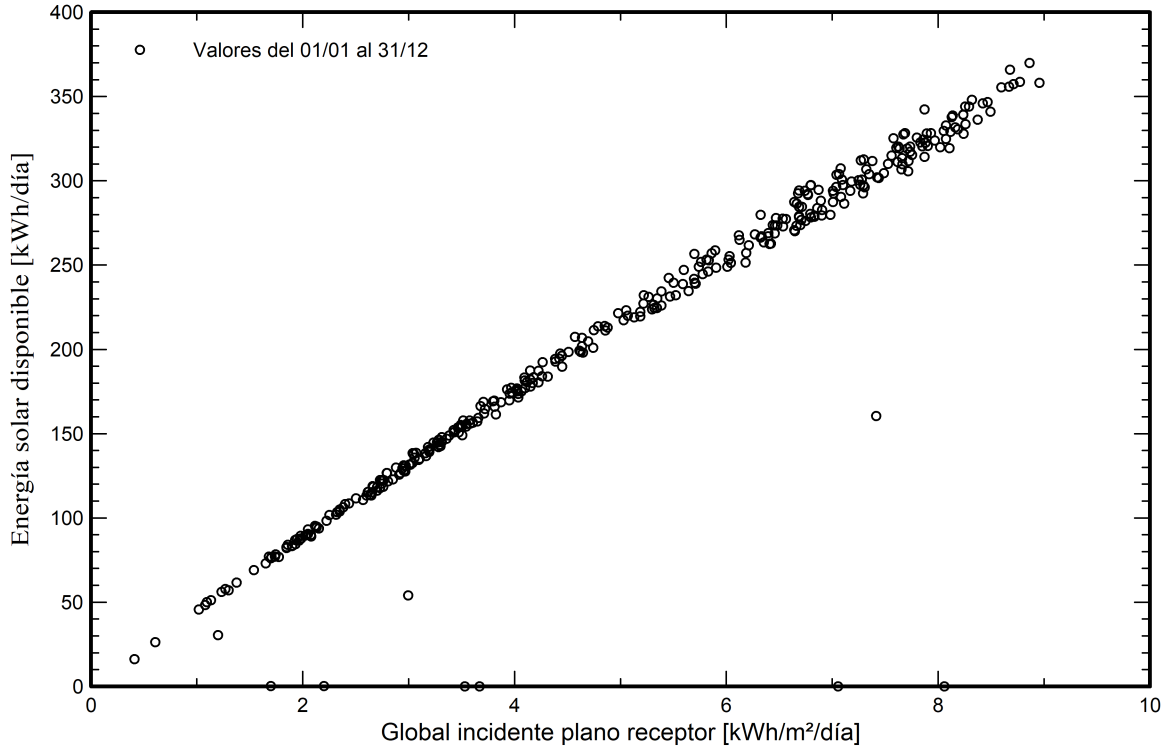


PVsyst V7.4.0

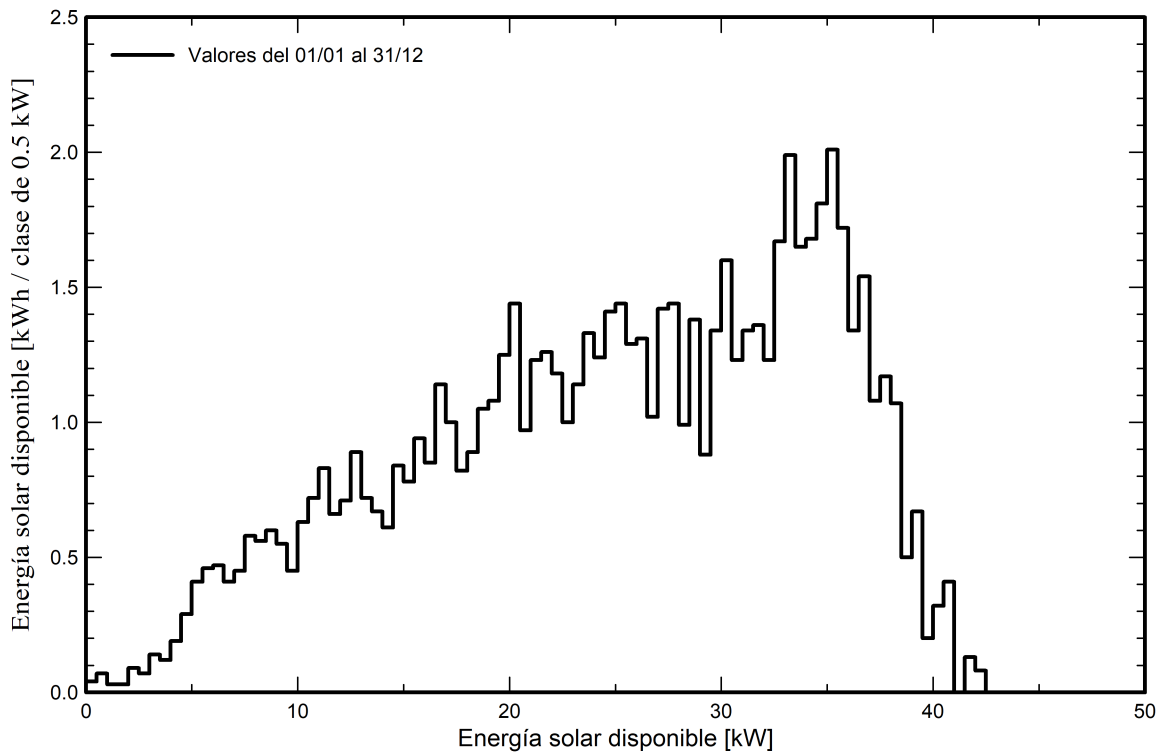
VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema

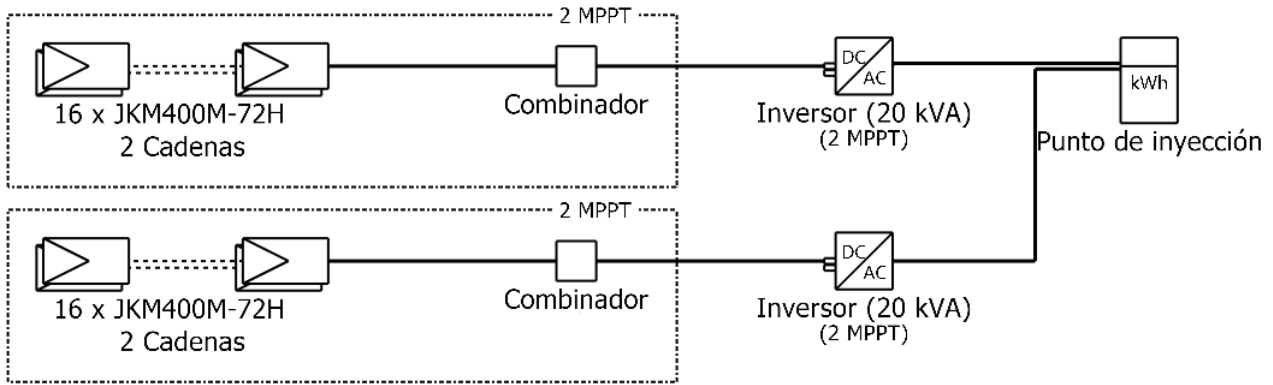




PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Diagrama unifilar



Módulo FV	JKM400M-72H
Inversor	SUN2000-20KTL-M2-380V
Cadena	16 x JKM400M-72H

Proyecto Ambroz

VC1 : Simulacion Este y Oeste

10/09/24



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
18/01/24 16:29
con v7.4.0

Costo del sistema

Costes de instalación

Artículo	Cantidad unidades	Costo EUR	Total EUR
Módulos FV			
JKM400M-72H	128	175.70	22.489.60
Soportes para módulos	128	39.00	4.992.00
Inversores			
SUN2000-20KTL-M2-380V	2	2.364.72	4.729.44
		Total	32.211.04
		Activo amortizable	32.211.04

Costos de operación

Artículo	Total EUR/año
Mantenimiento	
Provisión para el reemplazo del inversor	945.89
Total (OPEX)	945.89

Resumen del sistema

Costo total de instalación	32.211.04 EUR
Costos de operación	945.89 EUR/año
Energía no utilizada	33.1 MWh/año
Energía vendida a la red	42.5 MWh/año
Costo de la energía producida (LCOE)	0.028 EUR/kWh



PVsyst V7.4.0

VC1, Fecha de simulación:
 18/01/24 16:29
 con v7.4.0

Balance de emisiones de CO₂

Total: 474.3 tCO₂

Emisiones generadas

Total: 90.52 tCO₂

Fuente: Cálculo detallado de la siguiente tabla

Emisiones reemplazadas

Total: 650.9 tCO₂

Sistema de producción: 75.60 MWh/año

Emisiones del ciclo de vida de la red: 287 gCO₂/kWh

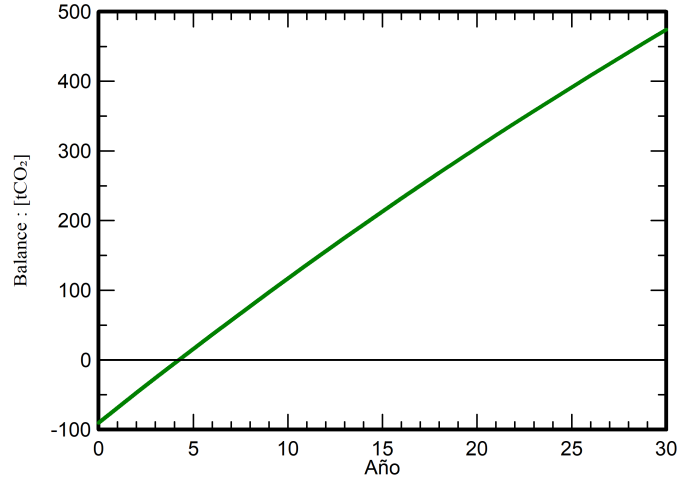
Fuente: Lista IEA

País: Spain

Toda la vida: 30 años

Degradación anual: 1.0 %

Emisión de CO₂ ahorrada vs tiempo



Detalles de emisiones del ciclo de vida del sistema

Artículo	LCE	Cantidad	Subtotal [kgCO ₂]
Módulos	1713 kgCO ₂ /kWp	51.2 kWp	87691
Soportes	1.91 kgCO ₂ /kg	1280 kg	2450
Inversores	190 kgCO ₂ /unidades	2.00 unidades	379

Cheetah HC 72M

390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell



PERC



KEY FEATURES



5 Busbar Solar Cell

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Efficiency

Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

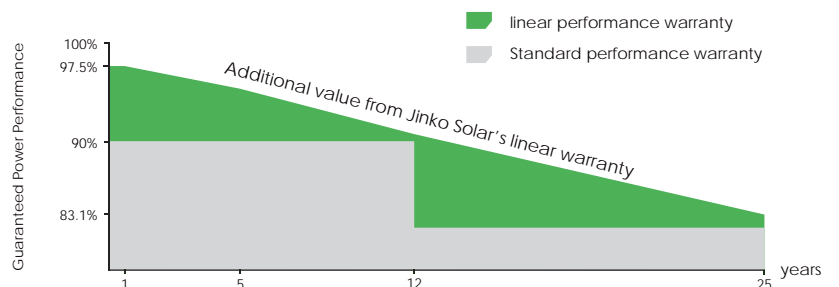


Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

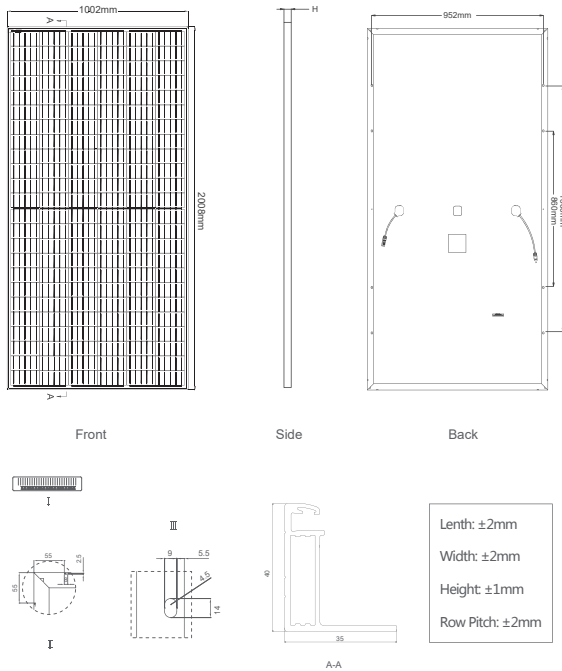
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product

Engineering Drawings

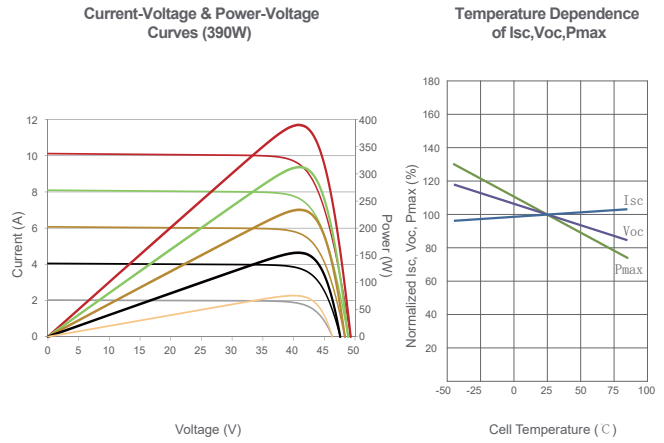


Packaging Configuration

(Two pallets =One stack)

27pcs/pallet , 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No.of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm ² , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Smart String Inverter



Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos
active con tecnología de IA



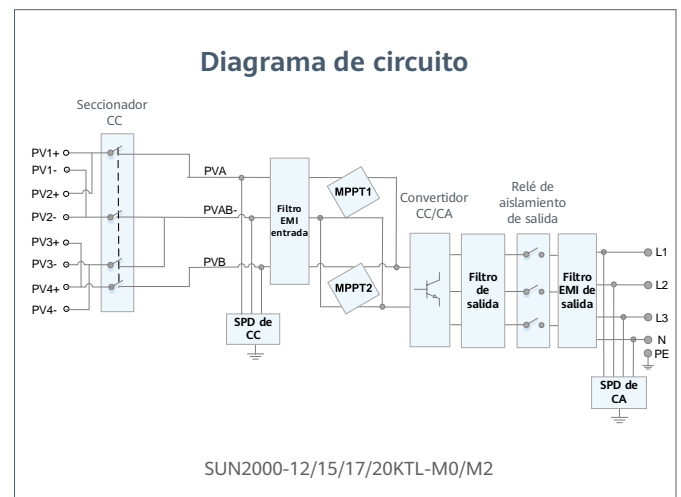
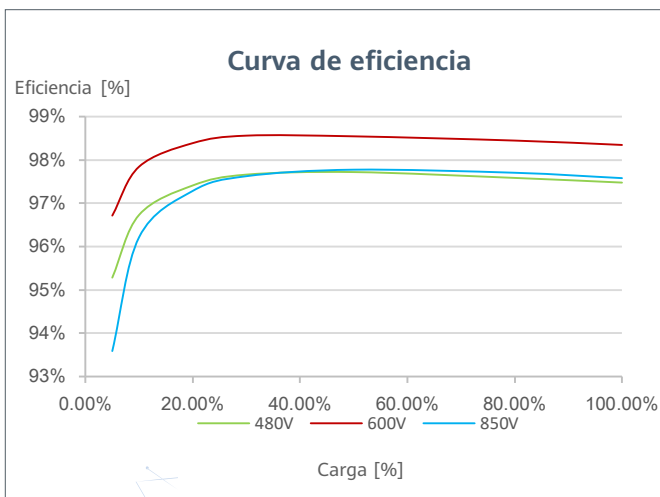
Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de energía con optimizadores ¹



Comunicación flexible

WiFi, Fast Ethernet, 4G
Comunicación soportada



¹ Solo aplicable al inversor SUN2000-12, #/CN.# 15, #/intranet # 17, #/intranet # 20KTL-M2.

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

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000 -12KTL-M2	SUN2000 -15KTL-M2	SUN2000 -17KTL-M2	SUN2000 -20KTL-M2
---------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Eficiencia

Máxima eficiencia	98.50%	98.65%	98.65%	98.65%
Eficiencia europea ponderada	98.00%	98.30%	98.30%	98.30%

Entrada

Potencia FV máxima de entrada ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp
Tensión máxima de entrada ²	1,080 V			
Rango de tensión de operación ³	160 V ~ 950 V			
Tensión de arranque	200 V			
Tensión nominal de entrada	600 V			
Intensidad de entrada máxima por MPPT	22 A			
Intensidad de cortocircuito máxima	30 A			
Cantidad de MPPTs	2			
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2			

Salida

Conexión a red eléctrica	Tres fases			
Potencia nominal activa de CA	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W
Máx. potencia aparente de CA	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE			
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo			
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %			

Características y protecciones

Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobretensión de CA	Sí
Protección contra cortocircuito de CA	Sí
Protección contra sobretensión de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Protección contra descargas atmosféricas CC	Type II
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, Clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11
Monitorización de corriente residual	Sí
Protección contra fallas de arco	Sí
Control del receptor Ripple	Sí
Recuperación integrada de PID ⁴	Sí

Datos generales

Rango de temperatura de operación	-25 ~ + 60 °C
Humedad de operación relativa	0 % RH ~ 100% RH
Altitud de operación	0 - 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2,000 m)
Ventilación	Convección natural
Pantalla	LED Indicators; WiFi integrada + aplicación FusionSolar
Comunicación	RS485; WLAN / Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional) 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)
Peso (incluida ménsula de montaje)	25 kg
Dimensiones (incluida ménsula de montaje)	525 x 470 x 262 mm
Grado de protección	IP65
Consumo de energía durante la noche	< 5,5 W ⁵

Compatibilidad optimizadora

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

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777.2, C10/11, ABNT, VFR 2019, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, IEC61727, IEC62116, DEWA

¹ La potencia fotovoltaica máxima de entrada del inversor es de 40.000 Wp cuando las cadenas largas se diseñan y se conectan completamente con el SUN2000-450W-P power optimizers inbound #. abonada#*.

² El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañará el inversor.

³ Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

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

⁵ <10 W cuando la función de recuperación PID está activada.