



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
ESTUDIO PARA LA CREACIÓN DE UNA
COMUNIDAD ENERGÉTICA EN LA LOCALIDAD
DE NAVARREVISCA (ÁVILA)**

Alumno: D. PABLO BURGOS MARTÍN

Director: D. JUAN MIGUEL POYATOS DÍAZ

JULIO 2022

TÍTULO: ESTUDIO PARA LA CREACIÓN DE UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA EN LA LOCALIDAD DE NAVARREVISCA (ÁVILA)

AUTOR: PABLO BURGOS MARTÍN

DIRECTOR DEL PROYECTO: JUAN MIGUEL POYATOS DÍAZ

FECHA: 22 de Julio de 2022

RESUMEN

Los efectos del cambio climático son cada día más notables. La dependencia de los combustibles fósiles es inasumible y el consumo energético no deja de crecer. A su vez, las energías renovables se van abriendo camino en el sector energético; tanto por los desarrollos tecnológicos como por la concienciación ciudadana, que demanda una aceleración en la renovación del modelo de generación, así como una mayor participación de este tipo de producción en el mix energético del país.

En este Trabajo Fin de Master se ha llevado a cabo un estudio de las comunidades energéticas como herramienta para apresurar la transición energética. La unión de un grupo de ciudadanos, pymes o cualquier combinación de estos para actuar contra el cambio climático con acciones conjuntas, hacen de las comunidades energéticas una alternativa muy interesante; ya que, además del impacto medioambiental, permiten hacer partícipes de ello a quienes no tiene capacidad técnica o económica.

Junto al estudio genérico sobre las Comunidades Energéticas, el proyecto se focaliza en la creación de una de ellas en la localidad de Navarrevisca (Ávila); concretando sobre la actuación base que consiste en una instalación fotovoltaica para autoconsumo colectivo de sus miembros. Se ha desarrollado el proyecto técnico y económico para comprobar la viabilidad y beneficios del mismo.

Palabras clave: Energía, Autoconsumo, Comunidad Energética, Renovable, Transición energética.

ABSTRACT

The effects of climate change are becoming more noticeable every day. Dependence on fossil fuels is unaffordable and energy consumption continues to grow. At the same time, renewable energies are making their way into the energy sector; both, due to technological developments and citizen awareness, which demands an acceleration in the renewal of the generation model, as well as a greater participation of renewable energy in the country's energy mix.

In this Master's Thesis, a study of energy communities has been carried out as a tool to accelerate the energy transition. The union of a group of citizens, SMEs or any combination of them to act against climate change with actions, make energy communities a very

interesting alternative; since, in addition to the environmental impact, they allow those who do not have technical or economic capacity to participate in it.

Together with the generic study on the Energy Communities, the project focuses on the creation of one of them in the village of Navarrevisca (Ávila); specifying on the base action that consists of a photovoltaic installation for collective self-consumption of its members. The technical and economic project has been developed to verify its viability and benefits.

Key words: Energy, Self-consumption, Energy Community, Renewable, Energy transition.

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	10
Capítulo 2. CONCEPTO.....	12
2.1 ¿QUÉ ES UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA?.....	12
2.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS	15
2.3 ACTUACIONES.....	17
Capítulo 3. ESTADO DEL ARTE.....	22
3.1 OBSTÁCULOS	24
Capítulo 4. TIPOLOGÍA Y GOBIERNO	25
Capítulo 5. RECURSO/SOLUCIÓN TÉCNICA.....	30
5.1 AUTOCONSUMO COLECTIVO: REQUISITOS Y TIPOLOGÍA	31
5.2 EMPLAZAMIENTO	34
5.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	35
5.4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	37
5.4.1 Espacio disponible	37
5.4.2 Cálculo de la instalación.....	40
5.5 INSTALACIÓN RESULTANTE	45
Capítulo 6. MODELO ECONÓMICO.....	49
6.1 PRESUPUESTO.....	49
6.2 INVERSIÓN Y VIABILIDAD	50
6.2.1 Gestión de excedentes.....	51
6.2.2 Variación del consumo.....	54
6.2.3 Valor Actual Neto (VAN)	62
6.2.4 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	64
6.2.5 Periodo de Retorno (Payback).....	64
6.3 BALANCE DE LA COMUNIDAD ENERGÉTICA	65
Capítulo 7. FINANCIACIÓN.....	68
7.1 AYUDAS	68
7.2 OTROS TIPOS DE FINANCIACIÓN	69

Capítulo 8. PLAN DE IMPLANTACIÓN	73
Capítulo 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	75
9.1 CONCLUSIONES	75
9.2 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.....	76
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	83
ANEXO I RESULTADOS PVGIS	84
ANEXO II FICHA TÉCNICA PLACA FOTOVOLTAÍCA	86
ANEXO III FICHA TÉCNICA INVERSOR	89
ANEXO IV DIAGRAMAS DE GANTT	94

Índice de Figuras

Ilustración 1. 4 Dimensiones que conducen al éxito y puesta en valor de las comunidades energéticas [2]	15
Ilustración 2 Fórmulas para unirse a una Comunidad Energética. Sapiens Energía [9]	27
Ilustración 3 Debilidades y Fortalezas en función del tipo de modelo de comunidad energética [1].....	29
Ilustración 4 Autoconsumo colectivo a través de red acogido a compensación [10]	30
Ilustración 5 autoconsumo colectivo modalidad de conexión con la red [12].....	33
Ilustración 6 Emplazamiento de la instalación fotovoltaica. Fuente: Google Maps.	34
Ilustración 7 Módulo fotovoltaico.....	35
Ilustración 8 Generador fotovoltaico - Parking	36
Ilustración 9 Inversor	36
Ilustración 10 Emplazamiento con medida de anchura. Fuente: Google Maps.....	38
Ilustración 11 Emplazamiento con medida longitudinal. Fuente: Google Maps.....	38
Ilustración 12 Ángulo azimut de la instalación [15]	41
Ilustración 13 Datos y resultados obtenidos con PVGIS.....	41
Ilustración 14 Energía producida por el campo fotovoltaico por meses. Fuente: Resultados PVGIS	44
Ilustración 15 Angulo de incidencia en la localización escogida. Fuente: Resultados PVGIS ..	45
Ilustración 16 Especificaciones eléctricas de los paneles fotovoltaicos.....	46
Ilustración 17 Autoconsumo colectivo conectado a la red [12].....	51
Ilustración 18 Gestión de los excedentes de un autoconsumo colectivo [22].....	52
Ilustración 19 Desglose factura eléctrica. Fuente: elaboración propia.....	54
Ilustración 20 Plan de ayudas del IDAE para Comunidades Energéticas [28]	69

Índice de Tablas

Tabla 1 Vectores de actuación de las comunidades energéticas [1].....	18
Tabla 2 Medida plaza autocaravana	39
Tabla 3 Área techada para albergar la instalación	39
Tabla 4 Módulos fotovoltaicos: mediciones	40
Tabla 5 Características línea de entrada	47
Tabla 6 Características línea de salida.....	47
Tabla 7 Características Generales	47
Tabla 8 Conexiones de los paneles en el campo solar	47
Tabla 9 Presupuesto instalación fotovoltaica	49
Tabla 10 Presupuesto estructura desglosado	49
Tabla 11 Factura de la luz estimada Sin autoconsumo. Fuente: elaboración propia.....	56
Tabla 12 Factura de la luz estimada Con autoconsumo colectivo (sin excedentes y 21 participantes). Fuente: elaboración propia	57
Tabla 13 Ahorro anual por hogar durante la vida útil de la instalación. Fuente: elaboración propia.....	58
Tabla 14 Factura de la luz con autoconsumo y con excedentes compensados. Fuente: elaboración propia.....	60
Tabla 15 Factura de la luz autoconsumo colectivo (12 hogares) con excedentes. Fuente: elaboración propia.....	61
Tabla 16 Flujo de caja. Cálculo del VAN	63
Tabla 17 Balance año 1	67

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El calentamiento global es un hecho que afecta directamente a nuestro planeta. Cada vez son más notables los cambios que se están produciendo en todo los ecosistemas, afectándolos directamente hasta llegar incluso a destruirlos.

Este aumento de temperatura, cuyas consecuencias sufre también el ser humano, son causa de su propia actividad. El desarrollo tecnológico de las últimas décadas ha hecho que el consumo de energía y la explotación de recursos fósiles hayan disparado los números. Las emisiones contaminan la atmósfera, los suelos y las aguas, haciendo que la habitabilidad del planeta sea cada vez más complicada.

Ante esta situación, en la que la demanda de energía mundial no para de crecer, las reservas de combustibles fósiles son limitadas y las consecuencias de su uso tan desastrosas; se plantea un problema que requiere aunar todos los esfuerzos para evitar un destroz mayor del planeta y asegurar su continuidad.

Como principales responsables de este cambio y de su aceleración, el ser humano tiene la obligación de poner solución. Desde hace ya bastante tiempo, se es consciente de ello y el principal foco consiste en generar electricidad a partir de energías renovables; es decir, con fuentes que no se agoten y cuya explotación y consumo no generen tales efectos en el planeta. La evolución de este tipo de tecnologías es constante, pero además, su viabilidad viene asociada a la rentabilidad económica.

Resulta impresionante apreciar como un problema que requiere de una solución urgente, se encuentra con trabas por parte del propio sistema energético creado también por el ser humano. El mercado energético es uno de los más potentes, y por tanto, toda modificación tendrá consecuencias socioeconómicas en cualquier sociedad. La concienciación es cada día mayor y tanto la ciudadanía, como las empresas y los gobiernos, reman en la misma dirección para lograr el mismo objetivo.

En este Trabajo Fin de Máster, y tal y como se describe en el siguiente apartado, se pondrá en valor lo que puede ser parte de la solución a este gran problema.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es acotar la problemática de la generación de energía con combustibles fósiles y el cambio socio-económico asociado.

Como se ha introducido, el cambio climático gana terreno y la transición energética se presenta como una prioridad en la sociedad. Por supuesto, la lucha contra el cambio climático no es algo que solo dependa de la generación de energía renovable, sino que va más allá y supone una transformación en la vida de las personas; desde la reducción del consumo, hasta la generación “más limpia”.

Por todo ello, en el objetivo de este Trabajo Fin de Máster es el estudio de las Comunidades Energéticas (CE). Se trata de una herramienta muy interesante que permite reducir el impacto del cambio climático a todos sus niveles: ambiental, económico y social.

El fin de tal estudio es:

- Conocer las comunidades energéticas: sus actuaciones, estado, efectos etc.
- Validar un caso concreto para la localidad de Navarrevisca (Ávila); donde se presente una actuación específica de la comunidad energética, junto con su viabilidad e impacto.

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

La estructura que seguirá el proyecto para lograr los objetivos es la siguiente:

- Capítulo 1: Introducción. Es el capítulo presente, se plantea el problema, los objetivos y la estructura del proyecto.
- Capítulo 2: Concepto. Se explica qué es una Comunidad Energética, sus ventajas y las acciones que se pueden ejecutar a través de ellas.
- Capítulo 3: Estado del arte. Muestra el estado actual de las comunidades energéticas.
- Capítulo 4: Tipología y gobierno. Establece los tipos de comunidades energéticas en base a su constitución y a quiénes la forman.
- Capítulo 5: Recurso/Solución técnica. Se desarrolla el caso práctico de la comunidad energética en la localidad de Navarrevisca.
- Capítulo 6: Modelo económico. Se estudia la viabilidad económica del proyecto en cuestión
- Capítulo 7: Financiación. Evalúa las formas de financiación posibles.

-
- Capítulo 8: Plan de implantación. Desarrolla un plan de implantación para la comunidad energética en la localidad de Navarrevisca desde los primeros momentos.
 - Capítulo 9: Conclusiones y líneas futuras. Se redactan las conclusiones alcanzadas y se desarrolla el porvenir tanto de las comunidades energéticas en general, como la de Navarrevisca en particular.

Capítulo 2. CONCEPTO

2.1 ¿QUÉ ES UNA COMUNIDAD ENERGÉTICA?

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), define una comunidad energética como “una nueva figura en la cadena de valor socio económico y un nuevo actor en el gran abanico del escenario de la transición energética”. [1]

Se trata de un concepto emergente para el que no existe una definición ampliamente aceptada. Una comunidad energética está formada por un conjunto de personas y/o entidades que pretenden, a través de la participación ciudadana, llevar a cabo acciones en la cadena de valor de la energía actuando en el ámbito local en el que se desarrollan. Es decir, es la unión de diferentes agentes para implementar labores relacionadas con la eficiencia energética, energías renovables o cualquier acción asociada a la transición energética; todo ello desarrollado en un ámbito relativamente pequeño y asociado a la comunidad en sí. Su objetivo es ser participes en primera persona de la transición energética, repartiendo los beneficios entre los miembros que la confirman. Entiéndase como beneficios, aquellas ventajas de participación, no como una cuantía puramente económica.

En la legislación europea, el concepto de comunidad energética surge en 2016. Aparece en la propuesta de Directiva Europea COM (2016) 864 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad definiéndose como:

- “Comunidad Energética Local: una asociación, cooperativa, sociedad, organización sin ánimo de lucro u otra entidad jurídica que esté controlada por accionistas o miembros locales, generalmente orientada al valor más que a la rentabilidad, dedicada a la generación distribuida y a la realización de actividades de un gestor de red de distribución, suministrador o agregador a nivel local, incluso a escala transfronteriza”.

Como se puede apreciar, esta definición hace hincapié en los términos medioambientales y sociales de la comunidad energética. Se busca hacer participe a la ciudadanía de las decisiones del mercado energético, convirtiéndoles en un participante más.

Por otro lado, más adelante, el Consejo y Parlamento Europeo (5076/19) hace la siguiente definición.

- “Comunidad ciudadana de energía: una entidad jurídica de participación voluntaria y abierta que esté efectivamente controlada por accionistas o miembros que sean personas físicas, autoridades locales, incluidos los municipios, o pequeñas empresas, cuyo objetivo principal sea ofrecer beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus miembros o a la localidad en la que desarrolla su actividad, más que generar una rentabilidad financiera. Una comunidad ciudadana de energía puede participar en la generación, incluida la de energía procedente de fuentes renovables, la distribución el suministro, el consumo, la agregación, el almacenamiento de energía, la prestación de servicios de eficiencia energética, la prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos o de otros servicios energéticos a sus accionistas o miembros”.

La definición es muy similar a la anterior; ampliando más sobre las posibles actuaciones.

Por último, la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuente renovables, introduce la siguiente definición; abogando por un concepto más amplio y abierto:

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

Esta misma directiva, se extiende sobre las comunidades energéticas concretando sobre las garantías que deben ofrecer a la sociedad y las obligaciones que el Estado debe cumplir para ello. El desarrollo de la directiva se centra en la protección del ciudadano, obligando a los Estados miembros de la unión europea a garantizar el completo desarrollo de las comunidades energéticas. Para ello, deben amparar a los consumidores y permitir que cualquiera pueda formar parte de las comunidades energéticas; entendiendo esto como que quiénes lo deseen debe tener acceso sin condiciones innecesarias, discriminaciones o cualquier traba tanto a nivel de generación, distribución o consumo. En definitiva, se indican los derechos que las Comunidades Energéticas deben tener, avalados por el Estado mediante el fomento de evaluaciones y proporcionando la legislación necesaria que impulse así su actividad dentro del ámbito de la transición energética sin perder de vista el aspecto social.

Una vez analizadas todas las posibles definiciones tanto a nivel institucional como de organizaciones privadas que se dedican a la impulsión de las comunidades energéticas, se puede concluir que:

- Una comunidad energética es una nueva figura con entidad jurídica que irrumpe en el sector socio-económico de la energía
- El objetivo de las comunidades energéticas es el impulso de la transición energética en beneficio de la comunidad local
- Pretende compatibilizar su actividad con las empresas que participan en el mercado eléctrico.
- La participación es libre y abierta a ciudadanos, empresas y ayuntamientos; recayendo la gobernando en un sistema democrático entre los participantes.

Cabe destacar, que una comunidad energética puede confundirse con una instalación de consumo colectivo. Más adelante se verán las posibles actuaciones de una comunidad energética, pero es indudable que la generación renovable es la actividad más sencilla y básica por la que puede empezar la corporación. La principal diferencia radica en este hecho, el abanico de actuaciones y también en los valores comentados anteriormente: la gobernanza y el carácter social. En un consumo colectivo, la gobernanza puede recaer sobre una empresa privada o alguien en concreto y el propietario de instalación no tiene porqué ser el conjunto de los miembros que comparten los beneficios de la instalación; mientras que, en las comunidades energéticas será así. Por otro lado, y relacionado con esto, la comunidad energética tiene un carácter social y no busca lucrarse como puede ocurrir en un consumo colectivo. Sin embargo, con esto no se quiere decir que un consumo colectivo no sea beneficioso para la sociedad, el medioambiente y la economía; todo lo contrario. Los dos modelos podrán coexistir y si se pretende crear una comunidad energética enfocada a la generación y consumo colectivo, es interesante e importante plantear las opciones para tomar la decisión más acertada. Actualmente ya hay compañías del sector energético español que están impulsando generaciones y consumos colectivos como parte de su actividad empresarial. Se ofrece un producto con el fin de poder pertenecer a una comunidad sin la necesidad de poseer un tejado o una instalación, favoreciendo también de esta forma la accesibilidad y la transición energética.

En la siguiente imagen extraída del informe “Energy Communities in the European Union” realizado por ASSET (Advanced System Studies for Energy Transition) [2] se puede resumir el concepto que aquí se trata:

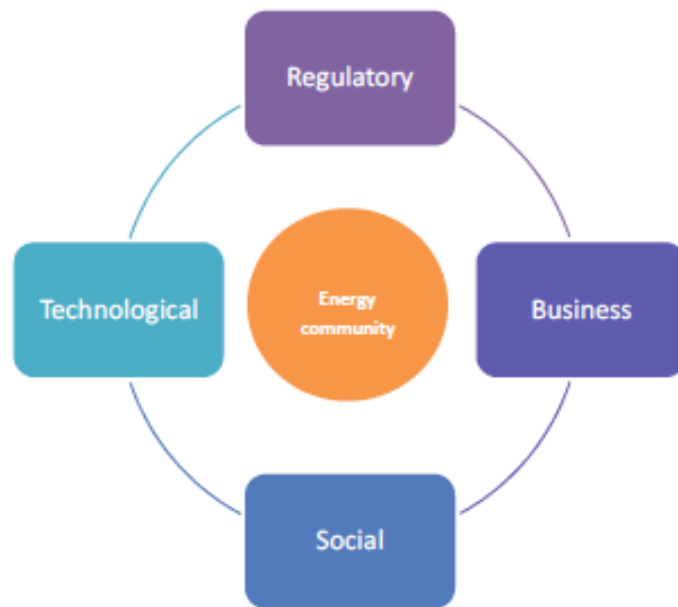


Ilustración 1. 4 Dimensiones que conducen al éxito y puesta en valor de las comunidades energéticas [2]

2.2 VENTAJAS Y BENEFICIOS

Una vez visto qué es una comunidad energética y habiendo analizado la problemática, en este apartado se quiere indicar las ventajas que ofrecen y cómo por ello forman parte de la solución a la crisis energética. A continuación se ordenan algunas de las ventajas más significativas [3][4]:

a) Utilización de energías limpias

Este tipo de proyectos reducen notablemente las emisiones de carbono pues, como parte de sus objetivos, las comunidades energéticas desean abandonar los combustibles fósiles y por ello harán uso de alternativas renovables. Según Amigos de la Tierra, con las comunidades energéticas basadas en autoproducción, se podría satisfacer el 58% de la demanda energética para 2030 siempre y cuando su implementación sea inmediata. El uso extensivo de energías renovables reduciría enormemente la generación de CO₂ y otros contaminantes.

b) Reducción del consumo

Es otro de los objetivos de las comunidades energéticas que sin duda suponen un beneficio para el planeta. La concienciación y participación ciudadana por la que abogan este tipo de asociaciones permitirán la sensibilización de los consumidores, reduciendo así la producción de gases de efecto invernadero.

c) Inversión en renovables.

Los proyectos de energías renovables conllevan grandes inversiones de capital. A pesar de ser inversiones rentables, se necesita una financiación inicial que a nivel individual es difícil de acometer. El hecho de unirse, permite que esas cuantías puedan alcanzarse y desarrollar así los proyectos.

En apartados posteriores se explicarán las posibles formas de financiación de las comunidades energéticas. Si bien no es fácil tener una primera inversión, una vez se supere la dificultad inicial y se aprecien los beneficios, las inversiones futuras serán más fáciles de llevar a cabo.

d) Apoyo a las energías renovables

En ocasiones, los ciudadanos de los lugares donde se van a acometer instalaciones energéticas son los mismos que se oponen a ellas. Ante proyectos comunitarios, se imponen instalaciones a gran escala que no posibilitan a los habitantes a dar su opinión o a participar en el proceso.

Según numerosos estudios, el hecho de hacer partícipe a la ciudadanía hace que el interés aumente y lo haga exponencialmente también la confianza. En el caso de las comunidades energéticas, no simplemente se hace partícipe a los miembros, sino que estos serán los dueños de las actuaciones que se llevan a cabo; consiguiendo que se valoren sus ventajas y se comprendan los aspectos negativos para atenuarlos de la mejor forma posible. De forma genérica, una comunidad energética lleva implícita una labor de educación; lo que siempre favorece cualquier desarrollo.

e) Disminución de la pobreza energética

Las comunidades energéticas tienen el control sobre sus propios costes, no tienen motivos para cobrar de más al igual que tampoco buscan beneficios como las grandes eléctricas. Por lo tanto, en comunidades energéticas donde la generación (o bien eléctrica o térmica) es propia, no habrá sobrecostes permitiendo un acceso más directo y disminuyendo la posible

pobreza energética de algunos miembros. Por otro lado, como se ha indicado en numerosas ocasiones, estas asociaciones tienen un carácter social. El ejemplo está en que muchas de las comunidades energéticas existentes dedican parte de sus bienes a evitar la pobreza energética con actuaciones como, por ejemplo, pagar la factura eléctrica de personas en riesgos de exclusión que cohabitan en el emplazamiento del desarrollo de la propia comunidad energética.

f) Apoyo a la economía local

Este tipo de proyectos generan entre 2 y 8 veces más ganancias locales que proyectos desarrollados por agentes externos. La creación de empleo, sirve para afianzar los mercados locales; incluso la propia comunidad en sí puede generar empleos directos. También la participación de las empresas en la comunidad les permite beneficiarse de las ventajas de consumir la energía de la comunidad.

g) Ganancias distribuidas

Como se ha comentado en varias ocasiones, los beneficios de las comunidades energéticas se distribuirán entre los miembros. Inicialmente, y dependiendo de las ayudas que existan, estos beneficios pueden no ser muy grandes, pero según vaya evolucionando la comunidad, se irán incrementando. Muchos proyectos de energía comunitaria poseen planes de financiación que distribuye las ayudas o las ganancias entre voluntarios o asociaciones locales para desarrollar más actividades relacionadas con el sector. Compartir los beneficios financieros afianza la comunidad energética.

h) Comunidades más fuertes

Trabajar en conjunto pone en valor los éxitos de la comunidad para sus miembros, expresando un sentimiento de orgullo que hará que prosperen proyectos futuros. Que las personas sean parte de los proyectos por los se beneficiarán todos promoverá una comunidad más unida.

2.3 ACTUACIONES

En apartados anteriores se ha hablado del concepto y los beneficios que suponen las comunidades energéticas, pero ¿cómo se materializan? ¿cuál son las actividades que pueden desarrollar?

Principalmente, las actuaciones pueden llevarse a cabo en dos vectores diferenciados: el eléctrico y el térmico. En la siguiente tabla se refleja la situación actual de los mismos:

Tabla 1 Vectores de actuación de las comunidades energéticas [1]

	VECTOR ELÉCTRICO	VECTOR TÉRMICO
LEGAL	Legislación desarrollada	Legislación inexistente
	Competencia estatal	Competencia local
	Mercado regulado	Mercado no regulado
	desintegración vertical	integración vertical
	Precios "homogéneos"	Precios sin referencias
TECNOLÓGICO	Sistema centralizado a nivel estatal totalmente extendido	Sistema centralizado a nivel proximidad muy poco extendido
	Infraestructura más ligera y ágil	Infraestructura pesada
	Balance instantáneo	Inercia, permite margen
	Gestión compleja real o virtual	Gestión menos compleja solo real
		Pueden operar con fuentes de baja entalpía
		Pueden tener sinergias positivas con el sistema eléctrico

Para escoger la tecnología óptima para una comunidad energética, es necesario tener en cuenta la disponibilidad de las fuentes de energía locales, así como las condiciones de espacio, viabilidad o su integración en el entorno.

En la tabla se puede apreciar que quizás, en España, el vector eléctrico pueda desarrollarse con mayor facilidad. La tecnología fotovoltaica tiene una gran adaptabilidad por su carácter modular que permite instalarse en numerosos espacios; además, su instalación y mantenimiento son sencillos. Se trata de una tecnología completamente desarrollada, por lo

que sus costes son competitivos. Pero cuando se habla de vector eléctrico, no solo se habla de la generación, sino también de otro tipo de actuaciones que pueden afectar a la movilidad, distribución o comercialización de energía.

A continuación, se presentan diferentes posibles actuaciones dentro del ámbito de una comunidad energética, ya estén englobadas en uno u otro de los vectores principales presentados anteriormente:

a) Generación de energía eléctrica

Tal y como se ha expresado con anterioridad, es una de las actuaciones “mas sencillas” y por las que siempre suelen comenzar las comunidades energéticas. La generación tiene gran impacto y genera numerosos beneficios. Principalmente, el aumento de disponibilidad de energías renovables e ingresos a la comunidad una vez sufragada la inversión. La energía fotovoltaica suele ser la elección más común por las ventajas que presenta. Sin embargo, hay infinidad de opciones para la generación eléctrica. La decisión de qué tipo de inversión llevar a cabo se tomará entre los participantes y deberá tener en cuenta al menos, los siguientes aspectos:

- Recursos renovables de la zona: es necesario estudiar y mapear los recursos naturales del área. Las posibles fuentes de generación renovable más conocidas y desarrolladas son la energía solar fotovoltaica, la biomasa, la eólica y la hidráulica. Como se ha comentado con anterioridad, la primera de ellas es la que a priori parece más atractiva en España. Su modularidad permite que su instalación sea posible en muchos espacios; además es una tecnología completamente desarrollada y su coste es proporcional al tamaño de la instalación, algo que quizás no ocurra con otro tipo de renovables, como puede ser la generación eléctrica a partir de energía hidráulica o de biomasa.
- Tecnología más atractiva – retorno de inversión: Al igual que es necesario estudiar el recurso, también lo es conocer los números asociados; es decir, a partir de la inversión requerida, ser capaces de establecer el retorno de inversión y los beneficios que se obtendrán a lo largo de los años. La comunidad escogerá la tecnología más atractiva económicamente en función del tiempo de retorno de la inversión y de la cuantía de esta.
- Viabilidad del proyecto: ante un obra de carácter industrial, es necesario asegurarse de que todos los aspectos a nivel legal están cubiertos. Es decir, si se puede instalar en esa zona, qué licencias son necesarias, y la viabilidad a la hora de conectar la instalación a la red, si así se desea.

Habitualmente, las comunidades comienzan con proyectos pequeños y posteriormente van incluyendo formas de generación que conllevan inversiones mayores o más arriesgadas.

b) Distribución de energía [5]:

El objetivo de la distribución es transmitir la energía eléctrica desde redes de transporte o desde la propia generación hasta los puntos de consumo y otras redes de distribución con las condiciones de calidad adecuadas para su consumo. Las distribuidoras son las gestoras de la red, y deben encargarse de construir, mantener y operar las instalaciones que poseen. Su actividad y retribución están reguladas.

Actualmente la distribución de energía eléctrica en España esta repartida principalmente entre cinco grandes empresas (Endesa, Iberdrola, Union Fenosa, EDP y Viesgo) dependiendo del área geográfica. Pero también existen todavía muchas distribuidoras locales que actúan en pequeñas áreas. Una manera de participar en la transición ecológica es hacerse distribuidora de la zona, apropiándose de las instalaciones y dirigiendo la gestión de las mismas sin buscar beneficios propios y vertiendo los mismos en la propia comunidad.

c) Comercialización

Algunos ejemplos de actuación de las comunidades energéticas esta en la comercialización de energía. Algunas, generan su energía y la comercializan; otras, compran energía renovable y la venden a sus socios. Convertirse en comercializadora, es una actividad que evitará tener sobrecargos en las facturas eléctricas con el fin de obtener beneficios.

Actualmente la comercialización en España está completamente liberada y la oferta es numerosa, lo que puede echar atrás a las comunidades energéticas a involucrarse en la comercialización. Sin embargo, cada vez hay mayor concienciación y hay consumidores que prefieren pagar más por la energía que puedan consumir, si se garantiza su origen renovable.

d) Acciones para aumentar la eficiencia energética

Mejorar la eficiencia energética de la comunidad es otra de las acciones que se pueden llevar a cabo. Desde las acciones más simples como pueden ser campañas de concienciación

o educación sobre consumo, eficiencia o cómo leer la factura de luz y contratar el servicio; hasta acciones más complejas como actuaciones directas en edificios. Existen inmuebles con una eficiencia energética pésima sobre los que es necesario actuaciones para mejorarlos, siendo la primera de ella el trabajo sobre la envolvente para evitar pérdidas.

Estas acciones son más complejas a nivel organizativo, porque pueden suponer cambios en edificios que afectan solo a ciertas personas de la comunidad y no al conjunto. Sin embargo, es una posibilidad que tienen las comunidades y que puede englobarse como parte de la acción social implícita en sus principios.

e) Calefacción

Se trata de la instalación de sistemas de calefacción o refrigeración colectivos. En España no son habituales los sistemas de calefacción urbana, pero hay zonas donde su implementación podría ser beneficiosa. El hecho de generar agua caliente para calefacción a mayor escala aumenta la eficiencia del sistema, reduciendo de esta forma las emisiones y gastando menos energía y capital.

f) Transporte y movilidad

Las emisiones asociadas al transporte son una realidad que la transición energética debe afrontar. Las comunidades energéticas también pueden desarrollarse en este campo. Una posible actuación sería la adquisición de una flota de vehículos eléctricos y/o bicicletas y su explotación, eligiendo la forma de operar, los modelos y el sistema de tarificación. También la habilitación de puntos de conexión de vehículos eléctricos con el fin de promocionar la adquisición particular de este tipo de movilidad.

g) Implementación de tecnologías de la información

La innovación y la tecnología hace que la gestión de la energía de forma eficiente sea una realidad. Por ello, el incorporar en el área de actuación contadores inteligentes o plataformas de gestión de datos hacen más eficiente todo el sistema de consumo de energía eléctrica. Todas aquellas actuaciones que incrementen el conocimiento de los usuarios será beneficioso para ellos, de esta forma podrán adaptarse según su conveniencia.

Capítulo 3. ESTADO DEL ARTE

Se ha hablado de las comunidades energéticas como un concepto innovador y que puede tener un gran papel en la transición ecológica; sin embargo, al mismo tiempo, se definió por primera vez hace bastantes años y las asociaciones vecinales con intereses energéticos siempre han existido. ¿En qué punto se encuentran las comunidades energéticas?

En este apartado se pretende explicar cuál es la situación actual de las comunidades energéticas. Es decir, tratar su nivel de desarrollo y cuales son los inconvenientes que evitan su crecimiento con mayor velocidad.

Ya existen numerosas comunidades energéticas, algunas de muy reciente creación y otras que son las que han ido abriendo camino y por ende las que han forzado a que se cree legislación para poder regularlas. A nivel europeo, puede que la situación esté más avanzada que España. Sin embargo, cada país tiene sus peculiaridades y el sistema eléctrico, que es el principal aliado de la transición energética, tiene maneras de evolucionar distintas. Como se ha comentado en apartados anteriores, el Estado debe legislar las comunidades energéticas con el fin de protegerlas. Se puede concluir que el estado del arte es ese; actualmente se encuentran en un estado de regulación.

Como es bien sabido, la legislación es dinámica y está actualizándose continuamente; pero, ese hecho no impide que se creen o no existan comunidades energéticas en nuestro país. A continuación, se indican algunos ejemplos de comunidades energéticas españolas y una pequeña descripción [6]:

- Agés (CyL): Es una Junta vecinal de la provincia de Burgos. Trabajan para el desarrollo y la independencia energética de sus 50 vecinos de tal forma que sea la propia Junta Vecinal la que controle la necesidades energéticas locales. Su primera actuación; cubierta fotovoltaica del albergue. Además, se ha generado empleo a través del aprovechamiento de los recursos energéticos locales.
- Albalat dels Sorells (Comunidad Valenciana): Esta CE está formada el propio ayuntamiento de la localidad y algunas cooperativas valencianas. Una de las cooperativas gestiona una instalación fotovoltaica y además comercializa la energía y el ayuntamiento es consumidor a través de la otra cooperativa.

- Gares Bide (Navarra): Se trata de un municipio de casi 3000 habitantes en el que la planificación energética municipal dio lugar a la comunidad energética. EL propósito de la comunidad energética es recuperar dos infraestructuras abandonadas, la central hidroeléctrica y la cubierta del frontón y convertirlas en instalaciones generadoras. Además, se ha puesto a disposición de los vecinos asesoramiento jurídico y recursos técnicos para la dinamización de la participación ciudadana; lo que se ha traducido en un proyecto para crear una instalación de consumo colectivo.
- Comunidad energética Lasierra (País Vasco): concejo de la provincia de Álava de apenas 12 habitantes. Poseen una instalación de bombeo de agua para abastecer a varios pueblos de la zona. Está instalación tiene un gran consumo eléctrico que quieren reducir con instalaciones fotovoltaicas. La peculiaridad de esta CE es que la dueña de la instalación es la Junta y la CE ha tomado la forma de “sección” de una cooperativa de consumidores; cuyo papel es comercializar el excedente en modo de autoconsumo comunitario conectado a la red. En paralelo llevan a cabo acciones de concienciación y educación energética

Como se ha comentado en apartados anteriores, la generación fotovoltaica es una de las actuaciones y soluciones más fáciles de implementar por su modularidad y desarrollo. A continuación, se indican algunas comunidades energéticas que han empezado así [6][7]:

- Manurga (Álava)
- Esparza de Galar (Navarra):
- Urroz Villa (Navarra)
- Trespuentes (Álava)
- Lasierra (Álava)
- Castillo (Álava)
- Amarita (Álava)
- Ollavarre (Álava)
- Alumbra (Arroyomolinos de León – Andalucía)
- EKINDAR (Azpeitia – País Vasco)
- Hacendera Solar (Castilfrío de la Sierra – Castilla y León)
- Hernani (País Vasco)
- San Cristóbal de la Laguna (Tenerife),
- Rio Monachil (Andalucía)
- Rupia (Cataluña)
- Tameiga (Galicia)
- Vega de Valcarce (Castilla y León)
- Luco Energía (Luco de Jiloca – Aragón)

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía ha creado un mapa interactivo del país donde se pueden consultar qué proyectos con participación ciudadano de pymes, entidades locales están vigentes [8]:

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/comunidades-energeticas-vigentes-en-las-distintas-comunidades-autonomas>

3.1 OBSTÁCULOS

Como principales barreras para el impulso de las comunidades energéticas, se identifican:

- Reducción de incentivos y cambios legislativos
- Ausencia de marco normativo o de grado de desarrollo
- Complejidad administrativa
- Dificultad con la financiación: desconfianza, percepción de riesgo alto de inversión
- Dificultad con las empresas distribuidoras
- Poco interés ciudadano
- Dedicación voluntaria con poco tiempo
- Acceso al conocimiento experto por parte de los impulsores.

Capítulo 4. TIPOLOGÍA Y GOBIERNO

Como se ha indicado hasta ahora, una Comunidad Energética es un instrumento para la gobernanza democrática de la energía. Los protagonistas son los vecinos, pymes y actores locales. Es decir, se trata de un proyecto colectivo y por ello necesita un conjunto de reglas y normas que regulen su funcionamiento y capacite para llevar a cabo sus objetivos. Será por tanto necesaria una serie de personas que adquieran compromisos de forma voluntaria o profesional.

Una de las incertidumbres cuando se empieza el proceso para la creación de una comunidad energética, es elegir la forma jurídica que más se adecúe a los propósitos y situación de cada agrupación. Como se ha podido comprobar, y también se verá más adelante para la creación de la comunidad energética de Navarrevisca, la acción más flexible y factible es la generación comunitaria; es decir, la mayoría de las actuaciones conllevan la propiedad comunitaria de instalaciones y la forma jurídica que se elija deberá contemplar este hecho.

Cooperativas, consorcios, sociedades limitadas, etc., son todas fórmulas legales apropiadas para una comunidad energética. Poseen la capacidad para tener propiedades comunitarias y actuar en el entorno local. Sin embargo, varía la forma que tienen de relacionarse entre los que la constituyen u otros actores públicos o privados. Es importante tener claras las bases y fines de la comunidad energética así como estipular un número de usuarios para poder escoger mejor la fórmula jurídica más conveniente.

- En función de los objetivos. Es importante definir la visión a medio y largo plazo de la comunidad. Es decir, estipular si la intención es crear un proyecto inicial como un autoconsumo colectivo y detenerse ahí, o si por el contrario, se pretende alcanzar una mayor escala con acciones futuras en la misma línea. Definir el ámbito territorial en el que va a actuar y si el futuro crecimiento (en caso de haberlo) es ambicioso y puede llegar a crear puestos de trabajo.
- La cantidad y diversidad de actores. Establecer qué personas, entidades o pymes tiene cavidad en el modelo de comunidad energética que se quiere crear. Cuanto más diverso sea el grupo, más complejo puede ser, pero también más enriquecedor y con posibilidad de reforzar vínculos. Como ejemplo, no resulta igual una comunidad energética formada por empresas de un polígono industrial que por vecinos de una localidad. Ambas buscan el mismo objetivo y persiguen aunar fuerzas por un bien común; sin embargo, la naturaleza de los participantes tiene diferentes limitaciones e implicaciones.

- Viabilidad técnica y económica. Como se ha visto, las actuaciones técnicas de las comunidades energéticas conllevan una financiación y por lo tanto un estudio de viabilidad económica. La fórmula jurídica escogida puede tener grandes implicaciones en la capacidad para conseguir tal inversión. Del mismo modo y relacionado con ello, la relación con la administración y entidades bancarias también variará.

A continuación se exponen los beneficios de las formas jurídicas más empleadas:

a) Asociación

Posee un modelo de gobernanza simple e inclusivo, el ayuntamiento puede formar parte con un voto en la asamblea. La asociación no está pensada para generar actividad económica, pero puede tenerla si esta orientada a obtener sus fines.

Puede obtener financiación de varias formas, en particular de ayudas públicas o privadas con fines sociales a fondo perdido. En el apartado de financiación se explicarán con más detalles estas fórmulas.

La principal debilidad de las asociaciones es la gestión de la instalación, que conlleva una responsabilidad solidaria por parte de los socios.

b) Cooperativa

Cada Comunidad Autónoma posee una regulación propia para las cooperativas, donde se explican a su vez las diferentes tipologías. Una cooperativa va un paso más allá que una asociación. Debe tener asociado un plan de negocio y una escala económica, territorial y de usuarios mayor. Las cooperativas generan actividad laboral.

Habitualmente, las cooperativas están formadas únicamente por consumidores o usuarios, pero también cabe la posibilidad de tener actores con roles diferentes, es decir, formar una cooperativa mixta. Los ayuntamientos tienen cavidad en las cooperativas de servicios públicos, que están vinculadas a satisfacer necesidades fundamentales como puede ser la energía.

Un ejemplo es el de Sapiens Energía, una cooperativa encargada de impulsar, gestionar y dinamizar comunidades energéticas. Define tres formas de participar en la comunidad energética. En el siguiente esquema, se puede apreciar tal diferenciación:



Ilustración 2 Fórmulas para unirse a una Comunidad Energética. Sapiens Energía [9]

c) Sociedad Limitada

Es una figura jurídica conocida por los inversores y puede ser útil para proyectos que necesiten una rápida capitalización. Sin embargo, por la naturaleza de las Comunidades Energéticas con proyectos colectivos, diferentes participantes sociales y aportaciones etc., no parece la solución más adecuada al existir otras que se ajustan mejor a la situación.

d) Sociedad Vehicular

Existen otras figuras en discusión como consorcios, sociedad mixta o agrupaciones de interés económico. Aún no hay comunidades energéticas que las hayan adoptado y por tanto, hayan abierto camino para su réplica y estudio más detallado.

Según lo anteriormente indicado, las asociaciones y cooperativas parecen las figuras que mejor se adaptan a las Comunidades Energéticas.

Un aspecto muy importante para las comunidades energéticas en pequeñas localidades, como la que se trata en este Trabajo Fin de Master, es la participación o no de los ayuntamientos, así como su grado de involucración. A continuación, se enuncian algunas de las actuaciones que se pueden llevar a cabo desde la administración con el fin de impulsar y mejorar la colaboración con las comunidades energéticas [3]:

- Normativa favorable a la energía comunitaria
- Sensibilización
- Adquirir energía eléctrica o térmica de los proyectos comunitarios
- Financiar y avalar proyecto
- Compartir recursos y el personal municipal
- Desarrollar plataformas y herramientas de apoyo
- Facilitar el diálogo entre las partes interesadas
- Formar parte directa de la Comunidad Energética

Obviamente, cada ayuntamiento tendrá capacidades de actuación diferentes. En el caso estudiado, se pretende que la administración pública forme parte directamente de la Comunidad Energética y sea un agente más. De esta forma se verá beneficiada y podrá aportar y apoyar con algunas de las acciones anteriormente mencionadas. El principal interés para que el ayuntamiento de Navarrevisca forme parte de la Comunidad Energética viene de su capacidad para facilitar el diálogo entre las partes, así como la de compartir recursos y espacios. Por otro lado, además de perseguir el mismo fin en cuanto a desarrollo sostenible y transformación energética, los ahorros que consiga permitirán aumentar el gasto público en este u otro ámbito. Para localidades tan pequeñas y con presupuestos tan ajustados, este hecho es muy importante.

En función de la colaboración entre la comunidad y el gobierno local o empresas privadas, se diferencian 4 clases de colaboración. A continuación se muestra un cuadro con las fortalezas y debilidades de cada una de ellas [1]:

Tipo de modelo	Fortalezas	Debilidades
<p>Cooperativo (Empresa social propiedad de la comunidad)</p> <p>Modelo híbrido comunidad/gobierno local</p>	<p>Las cooperativas son voluntarias y democráticas (típicamente un miembro=un voto).</p> <p>Se pueden cumplir objetivos económicos, sociales y culturales comunes.</p> <p>Las autoridades locales pueden ayudar a reducir el riesgo de la inversión inicial en proyectos, otorgar subvenciones y colaborar en ofertas de financiamiento externo.</p> <p>Las autoridades locales pueden proporcionar apoyo práctico de planificación y compartir tierras públicas</p>	<p>Conseguir suficiente capital puede ser complicado.</p> <p>Falta de familiaridad con las energías renovables y habilidades/conocimientos técnicos</p> <p>Las autoridades locales varían en términos de su comprensión de los beneficios de la energía de la comunidad.</p> <p>Aplicación inconsistente de las reglas de planificación y consentimiento en diferentes autoridades locales.</p>
<p>Modelo híbrido comunidad/privado</p>	<p>Aumenta la aceptación por parte de la comunidad de instalaciones a mayor escala, que ofrecen un potencial para obtener fuertes retornos de inversión.</p> <p>Las organizaciones comunitarias se benefician de las habilidades y la inversión de los desarrolladores comerciales.</p>	<p>Diferencias culturales y operativas entre organizaciones comunitarias y comerciales.</p> <p>Barreras de comunicación por falta de comprensión y transparencia.</p>
<p>Propiedad segregada</p>	<p>Soporta múltiples propietarios de un desarrollo de energías renovables de la comunidad en un solo sitio, donde una organización comunitaria posee una parte del desarrollo.</p> <p>Otras partes de la instalación de energía renovable pueden ser propiedad de un desarrollador comercial, una empresa de servicios públicos, un productor de energía independiente o un fondo de inversión.</p>	<p>La organización comunitaria todavía necesita recaudar fondos para construir o comprar parte del desarrollo de energía renovable.</p> <p>Organización comunitaria responsable de la operación, monitoreo y mantenimiento de sus equipos.</p>

Ilustración 3 Debilidades y Fortalezas en función del tipo de modelo de comunidad energética [1]

Capítulo 5. RECURSO/SOLUCIÓN TÉCNICA

Como se ha podido comprobar en apartados anteriores, una Comunidad Energética tiene numerosas formas de actuación para poder desarrollar su actividad. En este caso, la solución técnica empleada para comenzar con la Comunidad Energética de Navarrevisca será la producción de energía eléctrica a partir de una instalación fotovoltaica. Se trata de una de las posibilidades más sencillas y con resultados visibles que permitan comprobar la viabilidad del proyecto; con el doble fin de también poder conseguir un crecimiento del colectivo al ser capaz mostrar los resultados atractivos para los participantes.

Concretamente, la solución técnica escogida es una instalación de **autoconsumo colectivo con excedentes conectada a través de red**. De esta forma, los componentes de la Comunidad Energética podrán consumir en sus hogares la energía generada en una instalación fotovoltaica común. Además, en caso de existir excedentes, podrán obtener una compensación por ellos en la factura de la luz.

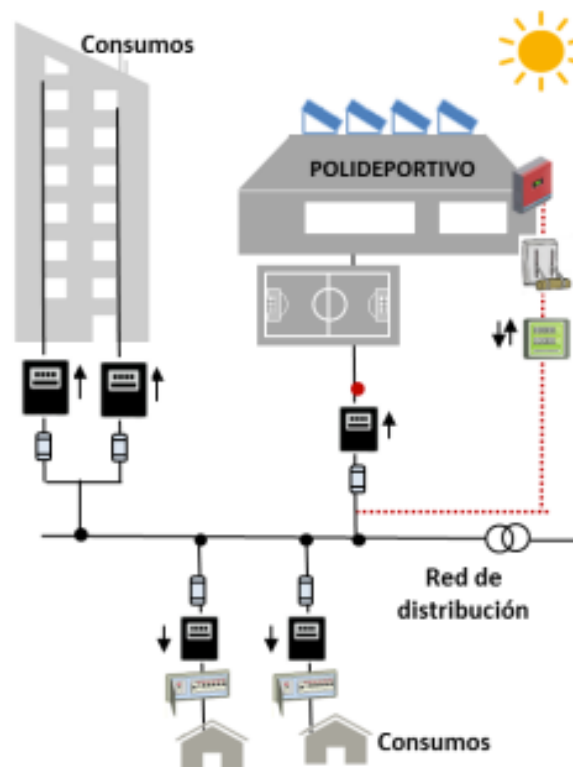


Ilustración 4 Autoconsumo colectivo a través de red acogido a compensación [10]

Este tipo de instalación es muy interesante para las comunidades energéticas pues se alinean perfectamente con el fin que estas persiguen. Permiten luchar contra el cambio

climático al dar acceso al consumo energía renovable a hogares con imposibilidades físicas para este tipo de instalaciones o bien con recursos económicos limitados.

La instalación se realizará en el área de autocaravanas de la localidad. Se trata de un área colindante con el núcleo urbano y emplazada dentro del polideportivo de Navarrevisca.

En los siguientes apartados se desarrollarán los aspectos principales para llevar a cabo la instalación.

5.1 AUTOCONSUMO COLECTIVO: REQUISITOS Y TIPOLOGÍA

El proyecto se realizará siguiendo el Real Decreto Ley 244/2019, del 5 de abril, por el que regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Según este, existen dos modalidades de autoconsumos [10][11]:

- a) Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes. Se da cuando existen dispositivos físicos que impidan la inyección alguna de energía a la red de transporte o distribución.
- b) Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes. Se da cuando la instalación de generación puede, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía en las redes

En este caso, como se ha comentado con anterioridad, la instalación que se llevará a cabo se acogerá a la modalidad de autoconsumo con excedentes. Desde luego, la intención es consumir toda la energía que se produzca; pero al acogerse a esa modalidad, los excedentes vertidos a la red y se podrán aprovechar. En función de la forma de tratar ese excedente, el autoconsumo podrá ser:

b.1) Modalidad no acogida a compensación. El excedente se venderá y le serán de aplicación las mismas normas que a cualquier planta de producción de energía

b.2) Modalidad acogida a compensación. Mecanismo diseñado para pequeños consumidores renovables puedan compensar en su factura de la energía consumida a través de la red con la energía vertida en un momento determinado de no consumo. Este método es un consumo diferido a lo largo del periodo de facturación.

La instalación en cuestión se favorecerá de esta última modalidad; cumpliendo así los requisitos necesarios para ello:

- Instalaciones de producción no superiores a 100kW.
- Generación de origen renovable: instalación fotovoltaica.
- Planta de producción sin un régimen retributivo adicional o específico.
- Consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo.
- Si fuera necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 del RD 244/2019.

En una instalación fotovoltaica, los consumos por servicios auxiliares se pueden considerar despreciables. Por lo tanto, no es necesario formalizar el contrato de suministro para tales servicios; cumpliendo con el apartado anterior.

El límite para considerar un consumo despreciable o no viene establecido en el artículo 3j) del RD244/2019. Para este caso, al estar conectada a la red interior del propio polideportivo donde está el área de autocaravanas (como se verá más adelante), ser una instalación generadora renovable de menos de 100kW y tener consumos anuales inferiores al 1% de la generación; se estarían cumpliendo los requisitos especificados.

Las modalidades descritas anteriormente pueden ser de aplicación para cualquier tipo de autoconsumo. Además, para acogerse al autoconsumo colectivo, la instalación debe cumplir al menos, uno de los requisitos también descritos en la misma norma para tal efecto:

- Esté conectada a la red interior de los consumidores asociados
- Esté conectada a cualquiera de las redes de baja tensión derivada del mismo centro de transformación
- Se encuentre conectada tanto la generación como los consumos, en baja tensión y a una distancia entre ellos inferior a 500 metros, con independencia del nivel de tensión a que se conecten. Esta última puntualización se recoge en el RD 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la modalidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables.
- Esté ubicada, tanto 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 del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la

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

Por otro lado, en función de cual de estos requisitos se cumpla, también existen dos modalidades de conexión por la que es necesario optar para compartir autoconsumo:

- i. Instalaciones próximas de red interior si cumplen el primer requisito descrito anteriormente. En este caso, la instalación no conecta con la red pública, repartiéndose la energía fotovoltaica producida directamente a cada una de las redes interiores de autoconsumidores.
- ii. Instalaciones próximas a través de la red si cumplen alguno de los otros 3 requisitos posibles. Se trata de la opción más utilizada. La planta fotovoltaica se conecta a la red mediante un contador bidireccional. De este modo, la distribuidora y comercializadora compensan a cada uno de los autoconsumidores a través de esta red pública.

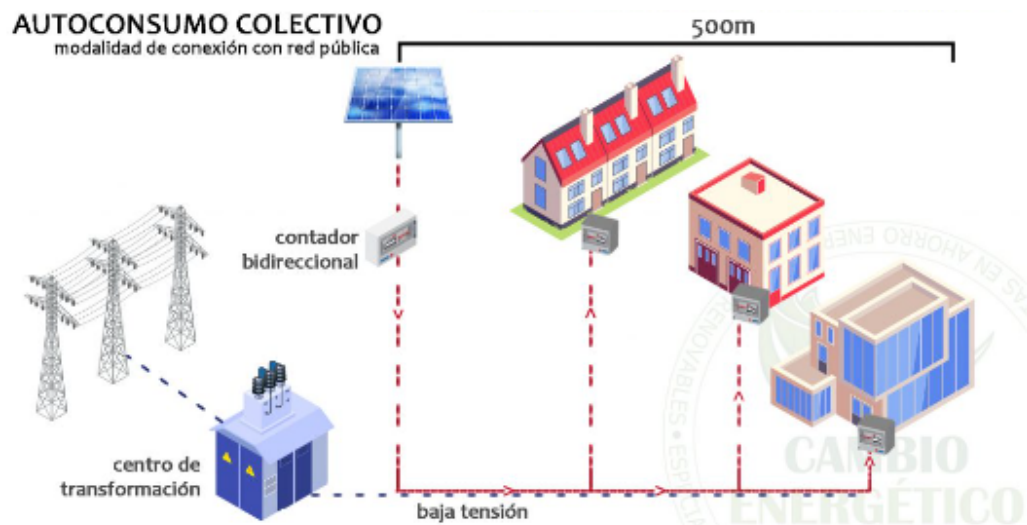


Ilustración 5 autoconsumo colectivo modalidad de conexión con la red [12]

La opción escogida es una instalación de autoconsumo colectivo en modalidad de conexión con la red pública y con compensación de excedentes. La razón de elegir esta modalidad es para poder realizar el reparto de la producción entre los miembros de la comunidad energética. Este dividendo, se establecerá en los estatutos de la comunidad y acorde al Real Decreto 244/2019, podrá ser como se acuerde entre los miembros. La norma ofrece algunos ejemplos para poder partir de una base, pero será la propia comunidad la que establezca la forma de realizar el reparto.

5.2 EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica de consumo colectivo se instalará en el área de autocaravanas de la localidad. El emplazamiento es público y está situado en el polideportivo del pueblo, lo que permite que no haya edificios de gran altitud que puedan provocar sombras. Además, la orografía también favorece la incidencia de la luz sobre la futura instalación, ya que se encuentra en alto.

Los requisitos técnicos necesarios para poder establecer una conexión con la red pública se cumplen. Es decir, como se ha introducido en el apartado anterior, la instalación será de la modalidad conectada a la red pública. De esta forma, a través del contador bidireccional de la instalación se llevará un registro de la energía producida y que finalmente consumirán los beneficiarios, cada uno con su propio contador. Toda la localidad de Navarrevisca está eléctricamente alimentada en una red de baja tensión que proviene del mismo centro de transformación; cumpliéndose así el requisito para poder conectarse a la red pública de distribución. Queda fuera del alcance de este proyecto, el concretar el punto exacto de interconexión. Para ello, sería necesario solicitar a la empresa distribuidora de la zona (Electra La Honorina S.L.) el punto de conexión en función de las cuestiones técnicas de la red de distribución local.

Otra de las razones por la que se ha escogido este lugar para realizar la instalación colectiva es, que alberga una doble función. El área de autocaravanas no dispone de zona techada para los usuarios; por ello, la disposición de las placas fotovoltaicas se hará a cierta altura, a modo de tejado. También, al tratarse de un lugar público y que aporta un beneficio extra al área recreativa, el coste asociado al terreno es nulo. El ayuntamiento de la localidad formará parte de la Comunidad Energética; por lo que, la cesión del terreno y la estructura asociada a la instalación podría llevarse a cabo sin la necesidad de que estos gastos sean cubiertos al 100% por la CE.

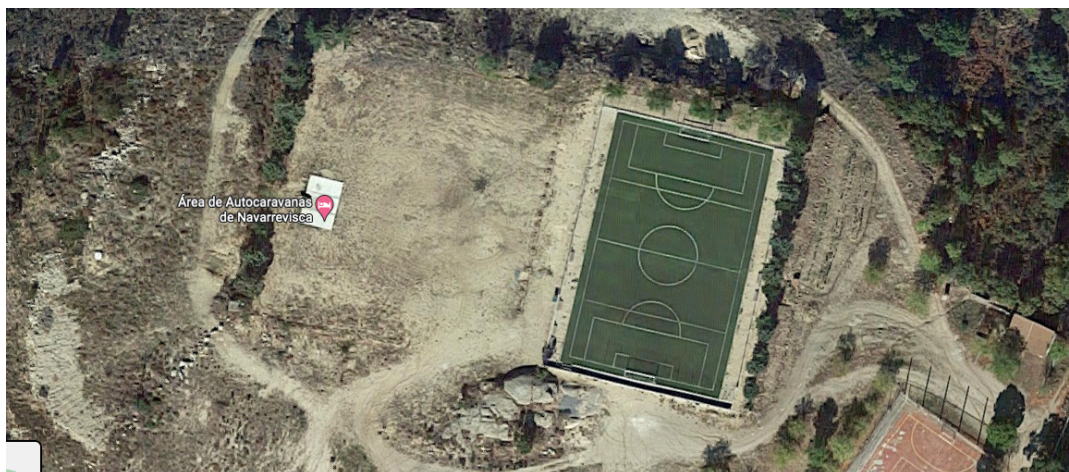


Ilustración 6 Emplazamiento de la instalación fotovoltaica. Fuente: Google Maps.

5.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

El objetivo de este apartado es relatar, de forma teórica, los componentes de la instalación y su función. En apartados posteriores se explicarán las soluciones escogidas para este proyecto en particular.

A partir de la radiación solar, un sistema fotovoltaico es capaz de producir energía eléctrica. La instalación fotovoltaica de consumo comunitario estará formada por los siguientes componentes [13]:

- c) Módulos fotovoltaicos: Se trata del elemento capaz de realizar esa conversión de energía solar en energía eléctrica. Están formados por celdas de un material semiconductor (silicio cristalino), montadas sobre una estructura que las conecta eléctricamente. El proceso de conversión de energía solar en eléctrica se produce por el efecto fotoeléctrico. Al incidir la luz sobre los metales fotoeléctricos se liberan electrones de sus átomos, creando así corriente eléctrica.



Ilustración 7 Módulo fotovoltaico

- d) Generador fotovoltaico: Se trata del conjunto de módulos fotovoltaicos de la instalación. En función de la conexión que tengan entre ellos se conseguirá un generador fotovoltaico con unas condiciones de u otras de tensión e intensidad.



Ilustración 8 Generador fotovoltaico - Parking

- e) Inversor. La energía producida por el generador fotovoltaico es corriente continua. El inversor convierte esta corriente en alterna para adaptarla a la de la red (220V con una frecuencia de 50Hz). Se trata de un elemento seguro y eficaz.



Ilustración 9 Inversor

- f) Sujeción de módulos/estructura: Los módulos deben ir anclados al tejado, o estructura donde se van a situar. En este caso, se empleará la propia estructura del tejado del aparcamiento para la sujeción de los módulos; es decir, no se requiere de ninguna estructura auxiliar, más que tener en cuenta los apoyos concretos de los módulos en la estructura.
- g) Cuadro de protección. Se trata del cuadro donde se incluyen todos los interruptores y protecciones de la instalación para protegerla.

- h) Toma a tierra. Toda instalación eléctrica debe de poseer una puesta a tierra que proteja. La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica conectada a la red deberá estar hecha de tal forma que no altere las condiciones de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
- i) Conductores. Se trata del cableado que une las diferentes partes de la instalación para permitir el transporte de la corriente. Existirán conductores desde los módulos fotovoltaicos hasta las cajas de conexiones; desde estas hasta el inversor y de este al cuadro de baja tensión y acometida final.
- j) Contador. La instalación estará equipada con un contador que medirá la energía en ambos sentidos; la energía vertida a la red y aquella consumida por la instalación (en periodos nocturnos). El modelo del contador deberá ser del tipo y homologación que fije la compañía distribuidora de la zona.
- k) Acometida. Unión de la instalación con la red.

Cabe destacar, que por la función y naturaleza de este proyecto, la instalación fotovoltaico no estará dotada de baterías ni los elementos requeridos para su control y utilización como puede ser el regulador de carga. En otras instalaciones, el uso de baterías es recomendable con el fin de rentabilizar al máximo la energía producida; como por ejemplo, en un autoconsumo individual de una vivienda unifamiliar.

5.4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

5.4.1 Espacio disponible

Como se ha comentado en el apartado anterior, y tal y como se puede apreciar en las ilustraciones 10 y 11, el espacio disponible es bastante amplio. Para el diseño de la instalación se ha escogido un espacio en concreto y a partir de él se ha calculado la potencia que podrá suministrar.

En primer lugar, se ha establecido que el área de autocaravanas que poseerá un espacio cubierto será la parte sur. En las siguientes imágenes se puede apreciar la medida aproximada del terreno, con el fin de ajustarse a ella. Por suerte, el espacio disponible es generoso, lo que permitirá encajar cada una de las partes de la instalación, ya sea a los

requerimientos del techado para las autocaravanas, como la pequeña edificación auxiliar para albergar el inversor u otros dispositivos.

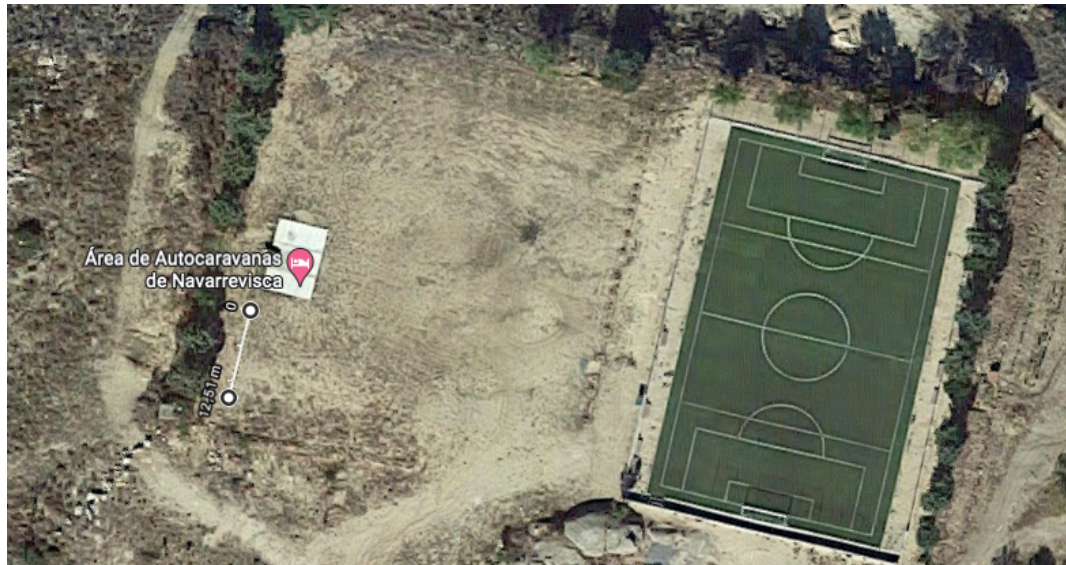


Ilustración 10 Emplazamiento con medida de anchura. Fuente: Google Maps.

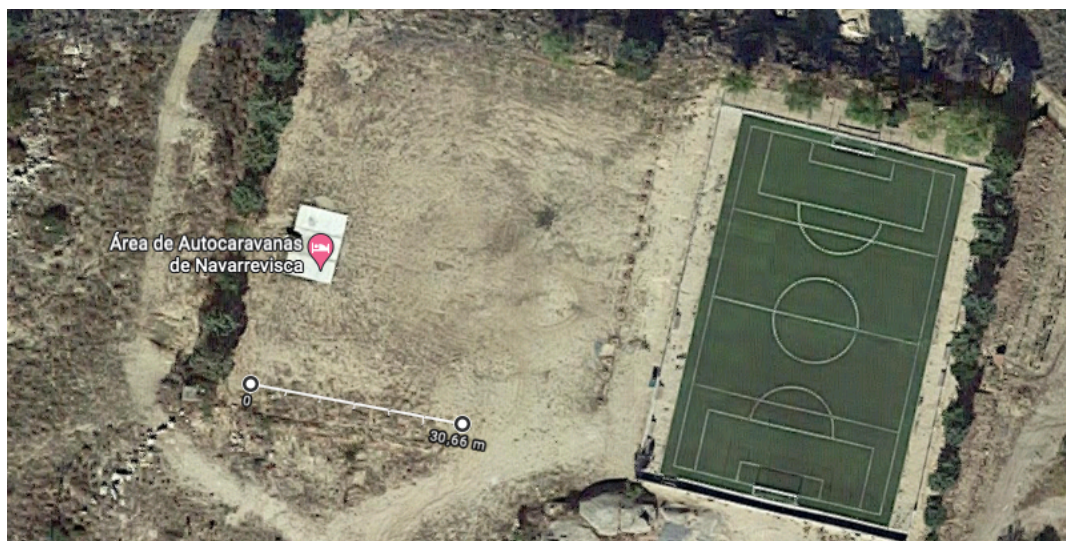


Ilustración 11 Emplazamiento con medida longitudinal. Fuente: Google Maps

En las ilustraciones se aprecia el área que aproximadamente se puede utilizar para el techado. Se trata de un área rectangular de 12,5 metros de ancho por 30,5 metros de largo.

En este proyecto se ha considerado adaptar esa área al número de plazas de autocaravana que pueda albergar. Teniendo en cuenta las dimensiones de una plaza de estacionamiento de autocaravana [14]:

Tabla 2 Medida plaza autocaravana

Plaza autocaravana	
Ancho	4 m
Largo	8 m

Teniendo en cuenta esto, la cantidad de plazas para las que hay cavidad en el área en cuestión serán:

$$\frac{30,5 \text{ m de largo Area total}}{4 \text{ m de ancho de cada plaza}} = 7,625 \text{ plazas}$$

El ancho del área total (12,5 metros), permite albergar 1 plaza. Por lo tanto, se pueden incluir hasta 7 localidades techadas de autocaravana en el área seleccionado.

Dada la escasa población, que en pocas ocasiones se ocupan tantas plazas en el área recreativa y también con el fin de reducir la inversión inicial, se ha decidido crear la infraestructura para albergar 5 espacios. Si en un futuro se quisiera ampliar, no habría problema para ello.

El área que ocupan esas cinco plazas será de 160m²; sin embargo el techado será algo más amplio, con el fin de dejar espacios en los laterales o entre plazas para columna y para cubrir el área total requerida teniendo en cuenta la inclinación de la cubierta. En la siguiente tabla se pueden apreciar los resultados de los espacios totales:

Tabla 3 Área techada para albergar la instalación

Área cubierta	
Ancho	10 m
Largo	20 m
Área	200 m ²
Ancho en el plano	9,40 m

Área en el plano	187,94 m ²
Inclinación paneles	20°

Para el cálculo del área en llano, es decir, sobre el suelo, se ha tenido en cuenta una inclinación de la cubierta de 20°. Este valor, a pesar de no ser el más favorable para la incidencia solar, es lo suficientemente óptimo y mejora las condiciones estructurales, evitando posibles efectos vela de la infraestructura.

Una vez definido el espacio, es necesario establecer el número de placas fotovoltaicas que instalarán con el fin de establecer la potencia y poder diseñar el sistema. Se han escogido unas placas fotovoltaicas con un tamaño bastante estándar, y que tienen una potencia pico de 270 Wp. Con las dimensiones establecidas y los tamaños de placa indicados a continuación, se concluye que la instalación poseerá 100 módulos fotovoltaicos:

Tabla 4 Módulos fotovoltaicos: mediciones

Módulos fotovoltaicos	
Ancho	1 m
Largo	1,9 m
Potencia pico	270 Wp
Nº a lo largo	20
Nº a lo ancho	5
Nº módulos	100

5.4.2 Cálculo de la instalación

Una vez hallado el número de módulos fotovoltaicos de los que se compone la instalación, se procede al cálculo de la potencia que serán capaces de producir.

Dada la localización escogida, el espacio disponible estará libre de sombras y la cubierta donde se instalarán las placas tendrá una orientación prácticamente sur. Concretamente, la orientación es sur-oeste a 190° respecto el norte, es decir, con un ángulo azimut de 10° del sur:

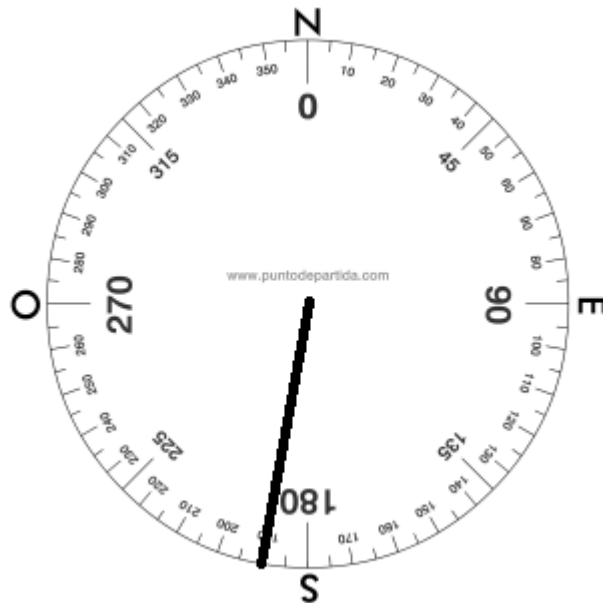


Ilustración 12 Ángulo azimut de la instalación [15]

Se ha accedido a la web de PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) de la Comisión Europea [16], con el fin de introducir los datos de los que se dispone respecto a ubicación, orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos. De esta forma, el programa indica las reseñas meteorológicas necesarias para el análisis de la instalación. El software también pide introducir ciertos porcentajes que inciden en la producción final. Se trata de pérdidas del sistema por el cableado, ángulos de incidencia, temperatura etc. Para el caso en cuestión, estos valores se han mantenido según los que indica PVGIS por defecto.

A continuación, se presentan los datos resumidos obtenidos con PVGIS. En la misma imagen, se puede comprobar los datos introducidos:

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:		Simulation outputs	
Latitude/Longitude:	40.368,-4.889	Slope angle:	20 °
Horizon:	Calculated	Azimuth angle:	10 °
Database used:	PVGIS-SARAH2	Yearly PV energy production:	39475.87 kWh
PV technology:	Crystalline silicon	Yearly in-plane irradiation:	1881.92 kWh/m ²
PV installed:	27 kWp	Year-to-year variability:	1685.48 kWh
System loss:	14 %	Changes in output due to:	
		Angle of incidence:	-2.94 %
		Spectral effects:	0.47 %
		Temperature and low irradiance:	-7.36 %
		Total loss:	-22.31 %

Ilustración 13 Datos y resultados obtenidos con PVGIS

Como se puede apreciar, la irradiación anual en la zona es de 1881,92 kWh/m². Conocido este valor, se puede hallar la Energía producida anualmente por la instalación a través de la ecuación:

Ecuación 5-1 Energía anual producida

$$E_{AP} = P_{DC} \cdot Y_r \cdot PR_{comb}$$

donde:

- E_{AP} es la Energía anual producida en kWh
- P_{DC} es la potencia del campo de módulos en kW
- Y_r es la irradiación anual dividida entre la irradiación de referencia G=1000 W/m²
- PR_{comb} es el performance ratio

La potencia de los módulos fotovoltaicos se obtiene de multiplicar su potencia pico por el número de módulos existentes:

Ecuación 5-2 Potencia del campo fotovoltaico

$$P_{DC} = 270 \text{ Wp} \cdot 100 \text{ módulos} = 27 \text{ kW}$$

Y_r, tal y como se indica anteriormente, se obtiene de:

Ecuación 5-3 tiempo de irradiación

$$Y_r = \frac{\text{Irradiancia anual}}{G} = \frac{1881,92 \text{ kWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 1881,92 \text{ h}$$

Por ultimo, la “performance ratio” es el resultado de aplicar las pérdidas totales. Como se ha mencionado anteriormente, estos valores se han obtenido aplicando los coeficientes que el software PVGIS da por defecto. Se trata de datos de la zona y otros habituales o populares:

Ecuación 5-4 Performance ratio

$$PR_{comb} = 1 + k_{total \text{ pérdidas}}$$

Ecuación 5-5 Pérdidas totales

$$k_{total\ pérdidas} = k_{ángulo\ de\ incidencia} + k_{espectral} + k_{temperatura} + k_{sistema}$$

donde cada una de las pérdidas se debe a:

- Ángulo de incidencia: por el efecto de la reflectancia angular
- Espectral: por los efectos espectrales
- Temperatura: por bajas niveles de irradiación y temperatura
- Sistema: por la propia instalación (cableado, inversor etc.)

A continuación se halla las pérdidas totales con los datos obtenidos del software:

Ecuación 5-6 Resultado de pérdidas totales

$$k_{total\ pérdidas} = (-2,94 + 0,47 - 7,36 - 14) = -23,83\%$$

El valor negativo indica que se trata de pérdidas, sin embargo, los cálculos se realizarán con el valor absoluto; por lo que:

Ecuación 5-7 Resultado de Performance Ratio

$$PR_{comb} = 1 - \frac{23,83}{100} = 0,7617$$

Con todo ello, y volviendo a la ecuación planteada inicialmente, para un total de las 100 placas fotovoltaicas que se instalarán, la energía anual producida será de:

Ecuación 5-8 Resultado Energía Anual producida

$$E_{AP} = P_{DC} \cdot Y_r \cdot PR_{comb} = 27kW \cdot 1881,92h \cdot 0,7617 = \mathbf{38703,38\ kWh}$$

El consumo anual promedio de un hogar español es de 3.272 kWh [17]; por lo que se estima que la instalación será capaz de cubrir las necesidades energéticas de casi 12 hogares.

Ecuación 5-9 Cobertura de energía

$$\frac{38.703,38 \text{ kWh anuales producidos}}{3.272 \text{ kWh anuales consumidos por hogar}} = 11,83 \text{ hogares}$$

Se considera que para ser el proyecto de inicio de la Comunidad Energética, es una producción anual adecuada; pudiendo generar ahorros notables en los participantes. Si el número de asociados a la Comunidad Energética fuera muy alto, se podría considerar escalar la instalación y hacerla más grande.

Entre los resultados obtenido con PVGIS, cabe destacar la gráfica de la producción anual y el ángulo de incidencia sobre las placas en función de la época del año:

Monthly energy output from fix-angle PV system:

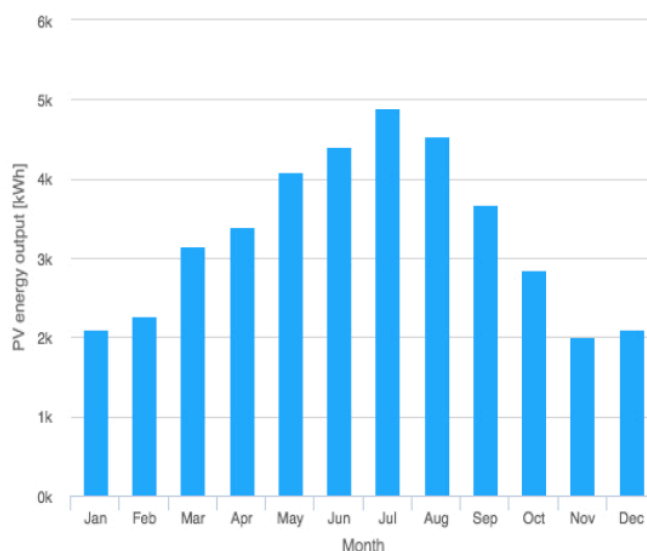


Ilustración 14 Energía producida por el campo fotovoltaico por meses. Fuente: Resultados PVGIS

Outline of horizon at chosen location:

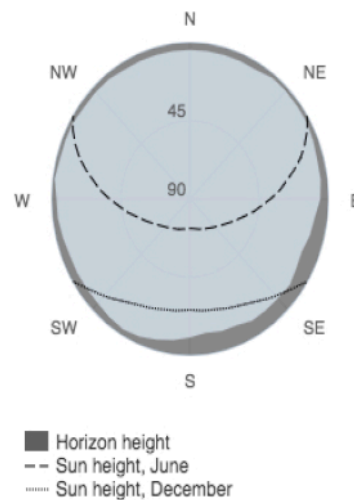


Ilustración 15 Ángulo de incidencia en la localización escogida. Fuente: Resultados PVGIS

Una disposición ideal de las placas fotovoltaicas sería aquella en la que el ángulo de incidencia de la radiación solar fuera perpendicular a las mismas. [18] Sin embargo, al tratarse de una instalación fija, dependiendo de la época del año, la incidencia de la radiación variará. Con la inclinación y orientación escogidas para este campo fotovoltaico, en la imagen anterior se puede comprobar el ángulo de incidencia en los dos meses más extremos. En la otra ilustración, la energía producida mensualmente. Comparando las imágenes, se puede ver claramente que en los meses de verano, donde la incidencia es más perpendicular y hay más horas de sol, la producción es mayor.

Para mayor información, en el ANEXO I se puede apreciar el extracto del resultado de PVGIS obtenido.

5.5 INSTALACIÓN RESULTANTE

Una vez realizado los cálculos anteriores, estos son los elementos principales de la instalación que se han escogido en función del diseño:

- Módulo fotovoltaicos:

Se trata de un elemento que se ha tenido que elegir con antelación, pues dependiendo del modelo escogido, los cálculos varían. En este caso se ha optado por

el modelo de ASTRONOVA de 270W. Es un módulo fotovoltaico policristalino con las siguientes características eléctricas:

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS					
Potencia nominal STC (P_{nom})*	255 Wp	260 Wp	265 Wp	270 Wp	275 Wp
Tensión nominal (V_{mp}) en STC	30.66 V	30.88 V	30.92 V	31.08 V	31.12 V
Corriente nominal (I_{mp}) en STC	8.33 A	8.43 A	8.58 A	8.70 A	8.85 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc}) en STC	37.48 V	37.72 V	37.87 V	38.00 V	38.45 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc}) en STC	8.85 A	8.95 A	9.18 A	9.45 A	9.52 A
Eficiencia del módulo	15.6%	15.9%	16.2%	16.5%	16.9%
Potencia nominal (P_{nom}) en NOCT	191.3 Wp	195.0 Wp	198.8 Wp	202.5 Wp	206.3 Wp
Tensión nominal (V_{mp}) en NOCT	27.73 V	27.94 V	27.98 V	28.12 V	28.15 V
Corriente nominal (I_{mp}) en NOCT	6.90 A	6.98 A	7.10 A	7.20 A	7.33 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc}) en NOCT	34.24 V	34.46 V	34.60 V	34.71 V	35.13 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc}) en NOCT	7.45 A	7.54 A	7.73 A	7.96 A	8.02 A
Coefficiente de temperatura (α_{mp})	- 0.407%/°C				
Coefficiente de temperatura (α_{sc})	+0.049%/°C				
Coefficiente de temperatura (α_{oc})	- 0.310%/°C				
Temperatura de funcionamiento normal de la celda (NOCT)	43±2°C				
Tensión máxima del sistema (IEC/UL)	1000V _{DC} o 1500V _{DC}				
Número de diodos	3				
Clasificación I de la caja de conexiones	IP 67				
Valor máximo de los fusibles de la serie	15 A				

* Tolerancia de medición ±0.3%

STC: Irradiación 1000W/m², temperatura de la celda 25 °C, AM=1.5

NOCT: Irradiación 800W/m², temperatura ambiente 20 °C, AM=1.5, velocidad del viento 1m/s

Ilustración 16 Especificaciones eléctricas de los paneles fotovoltaicos.

En el ANEXO II se puede comprobar la ficha técnica del modelo.

- Inversor:

Para la transformación de la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna inyectable a la red, se ha escogido el inversor de INGTEAM INGECON SUN 20TL.

Se trata de un inversor de gran eficiencia con una construcción capaz de asegurar una larga duración y fiabilidad. A continuación se presentan los principales datos técnico del mismo.

Tabla 5 Características línea de entrada

Línea de entrada (DC)	INGECON SUN 20TL
Rango pot. Campo FV recomendado	21 – 27 kW
Rango Punto Máx. Potencia	560 - 820 V
Intensidad Máx. Entrada	37A

Tabla 6 Características línea de salida

Línea de salida (AC)	INGECON SUN 20TL
Tensión nominal	400V
Corriente máxima	29 A
Factor de potencia	1
Rango de frecuencia	50 / 60 Hz
Rango de tensión	187 – 528 V

Tabla 7 Características Generales

Datos Generales	INGECON SUN 20TL
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada
Consumo en stand-by	10W
Consumo nocturno	1W
Temperatura de funcionamiento	-25°C a 65°C
Humedad relativa	0 – 100%
Grado de protección	IP65
Eficiencia máxima	98,5%

Para mayor información, en el ANEXO III se puede comprobar la ficha técnica del modelo.

Los datos de tensión e intensidad que admite el inversor son los que rigen la conexión de las placas fotovoltaicas en el campo solar; es decir, delimitan la cantidad de placas que pueden conectarse en serie y en paralelo. Teniendo en cuenta las características técnicas del inversor escogido, las conexiones quedarían:

Tabla 8 Conexiones de los paneles en el campo solar

Paneles conectados en serie	25
Paneles conectados en paralelo	4
Total Paneles	100

Esta configuración crea un campo solar de las siguientes magnitudes de tensión e intensidad:

Ecuación 5-10 Tensión campo solar

$$Tensión = 25 \text{ paneles} \cdot 31,08 \text{ V} = 777 \text{ V}$$

Ecuación 5-11 Intensidad campo solar

$$Intensidad = 4 \text{ paneles} \cdot 8,7 \text{ A} = 34,8 \text{ A}$$

Como se puede apreciar, los valores resultantes se encuentran dentro de los rangos de funcionamiento del inversor:

- Tensión de trabajo: entre 560 V y 820V
- Intensidad máxima: 37A

Al tratarse de una instalación de autoconsumo colectivo con excedentes de potencia superior a 15kW, la conexión a la red se deberá ajustar al procedimiento de conexión y acceso a las redes regulado en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, o en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.

Capítulo 6. MODELO ECONÓMICO

6.1 PRESUPUESTO

En base a la solución técnicas escogida y desarrollada en el apartado anterior, se ha elaborado el siguiente presupuesto. Para ello, se ha tomado de diversas fuentes [19][20][21] las cuantías:

Tabla 9 Presupuesto instalación fotovoltaica

	Coste por unidad	Unidades	Coste final
Módulos fotovoltaicos	169,00 €	100	16.900,00 €
Estructura	19.609,00 €	0,75	14.706,75 €
Inversor	2.369,00 €	1	2.369,00 €
Cableado	3,80 €	300	1.140,00 €
Puesta a tierra	297,00 €	1	297,00 €
Protecciones DC	117,00 €	1	117,00 €
Protecciones AC	307,50 €	1	307,50 €
Ingeniería, instalación y Puesta en marcha	4.256,16 €	1	4.256,16 €
TOTAL			40.093,41 €

El presupuesto de la estructura ha sido facilitado por la empresa Cubiertas y Pinturas HERGAR S.L. (7 de junio del 2022). A continuación, se puede apreciar el desglose:

Tabla 10 Presupuesto estructura desglosado

Presupuesto Estructura (Cubiertas y Pinturas HERGAR S.L.)	
Cubierta panel sandwich 30mm, 220m2 x 33,5€/m2	7.370,00 €
Remates 42x19,50 €/ml	819,00 €
Canalón y bajante 22x35€/ml	770,00 €
Estructura unos 2900 kg x 2,76€/kg	8.004,00 €
18 placas de anclaje 18x32	576,00 €
18 pozos de cimentación 18x115	2.070,00 €
TOTAL	19.609,00 €

Como se ha comentado, se trata de una estructura para techar parte del área de autocaravanas. Es un proyecto que aún no está realizado pero es independiente a la comunidad energética. El techado de parte del área de autocaravanas conlleva beneficios al área recreativa propiedad del ayuntamiento de la localidad. Al ser una iniciativa impulsada a la par que la instalación fotovoltaica para la CE e imprescindible para esta; se ha llegado a un

consenso por el cual el ayuntamiento financiará el 25% de esta estructura y la comunidad energética el 75% restante; obteniendo también la comunidad energética el espacio para la colocación de la instalación sin costes por la cesión del terreno.

En cuanto al cableado y las protecciones, donde se engloba toda la aparamenta eléctrica y cuadros, el valor propuesto se ha tomado a partir de las referencias mencionadas. En ocasiones, ha sido necesario escalar los precios encontrados.

Este presupuesto se ha realizado en base a la solución técnica básica implementada. Es decir, no se ha desglosado detalladamente todos los materiales que intervienen pues su cálculo y medición exacta queda fuera del alcance del proyecto. Se pretende dar una idea de la inversión requerida para llevar a cabo esta solución técnica y su implementación en la comunidad energética en construcción.

Por lo tanto, se puede concluir que el presupuesto para llevar a cabo la instalación fotovoltaica será de **40.093,41 €**.

6.2 INVERSIÓN Y VIABILIDAD

Una vez realizada la inversión, la energía producida será consumida por los propios miembros de la comunidad energética. Como se ha visto en el apartado de solución técnica, existen varias formas de autoconsumo colectivo. En este caso, se ha optado por un autoconsumo colectivo con conexión a la red pública con compensación de excedentes. Esto quiere decir que, la energía producida se verterá a la red pública y desde esta será consumida. Se cumplen con los requisitos técnicos para llevar a cabo esta opción, ya que todo el pueblo está alimentado por la misma red de distribución proveniente del mismo transformador. Además, también se cumplen requerimientos como el de referencia catastral que comparte los 14 primeros dígitos o, según el caso, la distancia entre productor y consumidor menor de 500 metros. Todo ello, está ya especificado en el apartado inicial de la solución técnica.

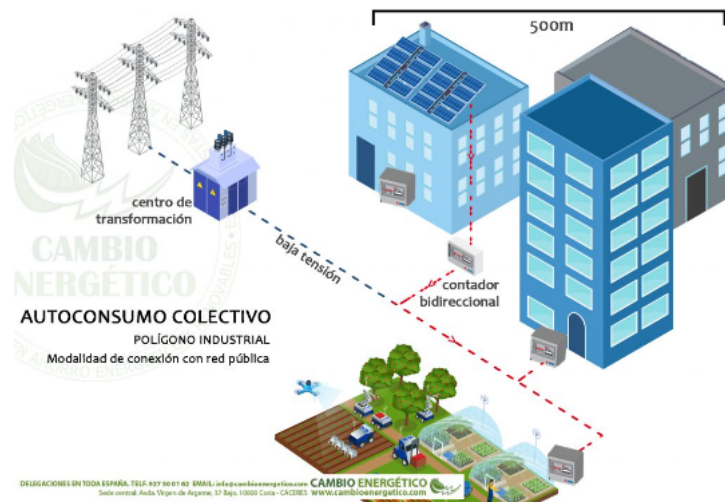


Ilustración 17 Autoconsumo colectivo conectado a la red [12]

Como se ha visto, existen numerosas formas jurídicas de constituir la comunidad y dependerá de los estatutos de la misma el establecer cómo se realiza ese reparto de bienes. En este caso, se va a estudiar la viabilidad del proyecto técnico en su conjunto. Es decir, contabilizando la inversión total por parte de la comunidad y los ahorros que supondrá la producción; despreciando los consumos propios que pueda generar la instalación (funcionamiento de inversor, contador y alumbrado). Los ahorros se contabilizarán suponiendo un reparto equitativo entre todos los miembros que participan en el consumo colectivo; interpretando que la distribución de energía generada también se consume de forma igualitaria.

La viabilidad de la inversión se va a estudiar a base a tres parámetros: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el “payback” o periodo de retorno de la inversión. Previo a ello, se va a estudiar la manera en la que se tratarán los excedentes de producción en los momentos que pudieran existir.

6.2.1 Gestión de excedentes

Pueden aplicarse dos opciones respecto al tratamiento del excedente. O bien acogerse a compensación (simplificada en el caso de menos de 100kW) o; no acogerse a compensación y vender el excedente, entrando en el mercado energético como un productor más. Dado el carácter no lucrativo de las Comunidades Energéticas, se ha optado por la opción de acogerse a la compensación; por la cual, la energía excedente se verterá a la red y la comercializadora deberá compensar a los consumidores con esa misma cantidad de energía vertida. Es decir, el sobrante no se vende, se utiliza en otro momento, siendo la comercializadora la que deba descontar de la factura la cantidad correspondiente.

A continuación, se muestra una imagen en la que se representa esquemáticamente la forma de gestión de excedentes:

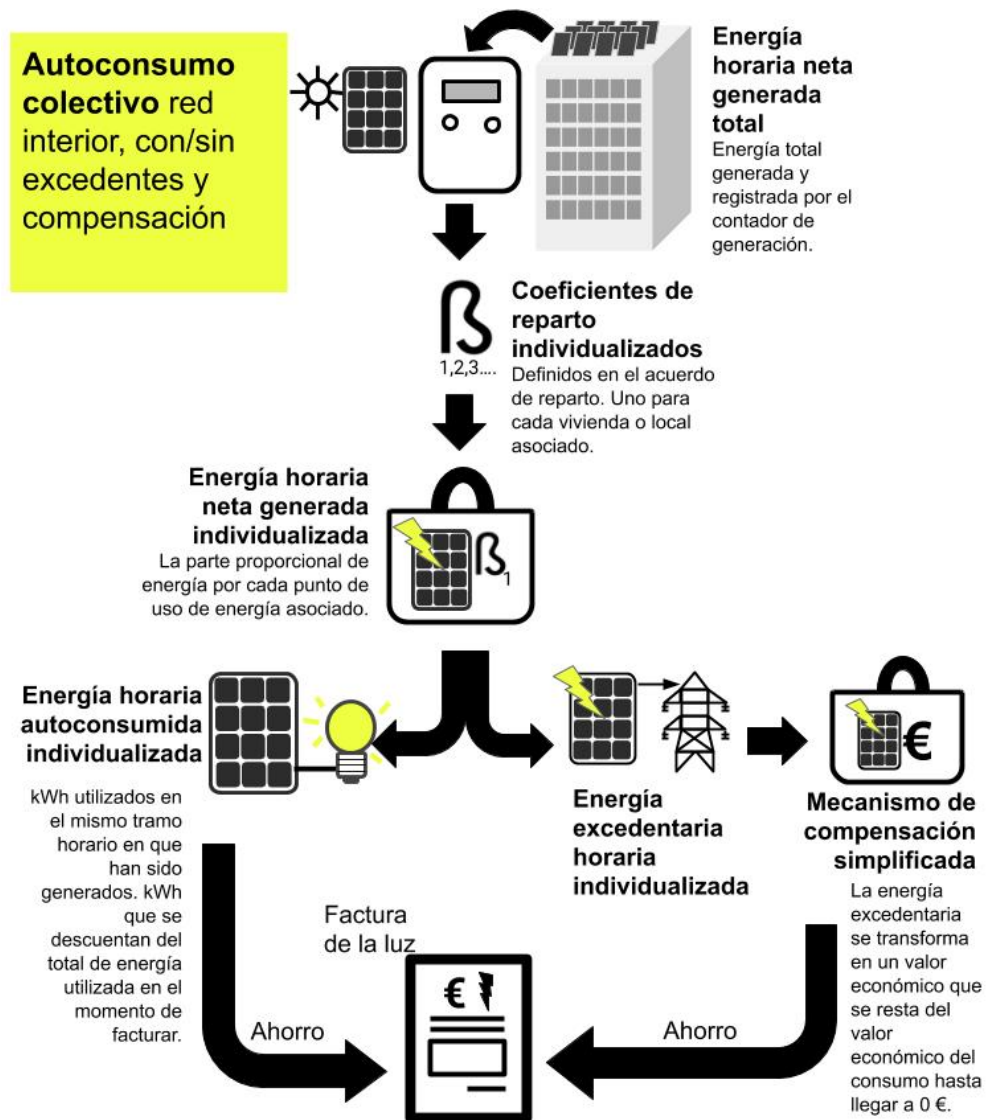


Ilustración 18 Gestión de los excedentes de un autoconsumo colectivo [22]

En la ilustración se muestra un consumo colectivo de red interior. No es el caso tratado en este proyecto, en el que se utiliza la red pública para realizar la distribución. Aún así, la ilustración facilita la explicación de la gestión de excedentes que se realizará de una forma equivalente.

En cuanto a los ahorros que se obtendrán, dependerá de la compañía comercializadora o si los consumidores están acogidos al PVPC. Independientemente de ello, el precio de energía

excedentaria siempre es inferior al coste de la energía. En ningún caso, según el artículo 14 del Real Decreto 244/2019, el término de energía puede tener un coste negativo. Esto quiere decir que, si la compensación por excedente generado supone más cuantía que la de energía importada en ese periodo de facturación, el coste del término de energía será 0€.

$$\text{Término de energía} = 0\text{€} \rightarrow \text{€ por compensación} > \text{€ por importación}$$

Si el consumidor tiene contrato con la comercializadora de referencia:

- a) La energía comprada de la red será valorada al PVPC (tarifa regulada)
- b) La energía inyectada será valorada al precio medio horario menor el coste de los desvíos (CDSVh) definidos en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.

Sin embargo, si el consumidor tiene contratado el suministro con una comercializadora libre:

- a) La energía comprada a la red será valorada al importe que aparezca en el contrato de suministro con la comercializadora
- b) La energía inyectada será valorada al precio acordado entre la comercializadora y el consumidor.

Como se verá en el siguiente apartado, dado el volumen de participantes en el consumo colectivo y la capacidad de la instalación, se ha considerado que en los momentos de producción pico toda la energía generada será consumida. Es decir, no existirá un excedente.

A pesar de ello, con el fin de mostrar una mayor claridad, se ha realizado el ejercicio de comparación del ahorro anual en la factura de la luz de uno de los usuarios en caso de existir excedentes. Este hecho podrá darse si varían algunas de las condiciones iniciales supuestas. Como pueden ser:

- Si la cantidad de participantes en el consumo colectivo es menor al supuesto y dada la misma instalación fotovoltaica

- Si el reparto entre los consumidores no es equitativo, teniendo algunos de ellos una participación mayor y generando así excedentes en horas pico.

Para este último ejercicio, se considera que la mayoría de usuarios están acogidos a una tarifa con una comercializadora libre. La media de compensación entre estas compañías es de 5 céntimos de euros por kWh [23][24]. Por lo tanto, las compensaciones serán de:

Ecuación 6-1 Compensaciones

$$\text{Compensaciones} = 0,05 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot \text{kWh exportados}$$

Descontando la cuantía resultante del término de energía de la factura. En el siguiente apartado se explica con mayor detalle.

6.2.2 Variación del consumo

La implementación del autoconsumo conseguirá reducciones económicas en la factura de los integrantes de la comunidad energética ya que se consigue una menor dependencia de la red de transporte y distribución.

Para el cálculo del ahorro en la factura eléctrica, se debe tener en cuenta los factores que intervienen en esta:

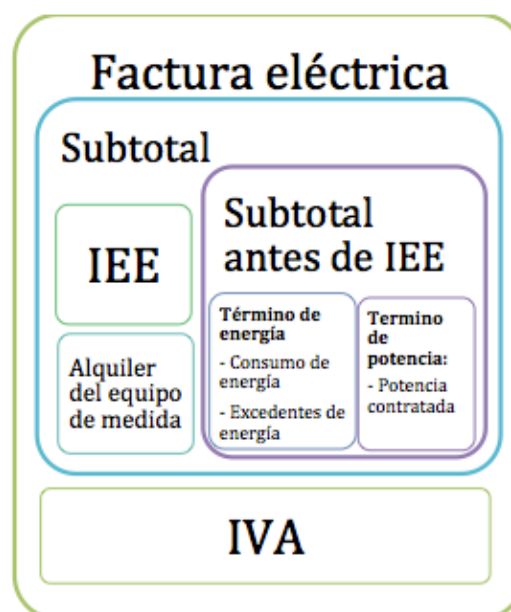


Ilustración 19 Desglose factura eléctrica. Fuente: elaboración propia

- a) Término de potencia. Engloba el peaje de acceso en función de la potencia y el margen de comercialización. Ambos son constantes.
- b) Término de energía. Incluye el peaje de acceso en función de la energía y el coste de la energía. El primero es constante y el segundo varía en función del contrato acordado con la comercializadora o bien varía de manera horaria acorde al PVPC.
- c) Impuesto Especial sobre la Electricidad (IEE). Según el artículo 88 de la Ley 38/1992 es un impuesto indirecto que grava el suministro de energía eléctrica para consumo y cuyo tipo impositivo es del 5,113% (artículo 99 de la misma ley). Es el caso de la factura eléctrica, se aplica sobre el término de potencia y el término de energía.
- d) Alquiler del equipo de medida. El valor está establecido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. El precio es de 0,81 €/mes para un contador monofásico con discriminación horario y con posibilidad de telegestión para consumidores domésticos; que son el tipo de consumidores del autoconsumo colectivo de la CE.
- e) IVA. Está establecido en un 21% sobre el total de la factura de la luz. En junio del 2021, a través del Real Decreto Ley 06/2022, se modifica temporalmente al 10%. Recientemente, el gobierno actual ha declarado que lo reducirá al 5%.

Se puede concluir que, además de la reducción del término de energía por consumir menos, la compensación de excedentes también implica una disminución en este término, lo que provoca una reducción del IEE y del IVA. No se ven afectados el término de potencia ni el alquiler del equipo.

Una vez conocido esto, se puede estimar cual será el ahorro que tendrá un hogar que participe en la Comunidad Energética. Para ello, se han elaborado dos facturas; la primera no tienen en cuenta el autoconsumo colectivo y la segunda sí. Se han tenido en cuenta las siguientes suposiciones:

- La potencia media contratada por hogar según REE es de 4 kW [17].
- Consumo anual de un hogar medio según REE (3272 kWh/año)[17].
- Se ha considerado una factura “estable”, con un precio único, sin distinguir entre punta y valle.
- Precio de potencia y energía según contrato estable de Iberdrola (septiembre 2020)

- IVA del 21%, sin tener en cuenta las últimas reducciones del gobierno al 10% inicialmente y recientemente al 5%.

Además, para el caso de la factura con autoconsumo, se considera que la comunidad energética contará con 20 hogares y el ayuntamiento de la localidad; es decir, que se aproximará a que el autoconsumo será entre 21 hogares.

$$\frac{38.703,38 \text{ kWh/año producidos}}{21 \text{ hogares}} = 1.843,02 \text{ kWh/año de autoconsumo por hogar}$$

Sabiendo que la instalación tiene una potencia instalada para abastecer aproximadamente a 12 hogares, se entiende que siempre se consumirá toda la energía generada, incluso en los momentos pico. Por esa razón, no se aplica la compensación en el caso de estudio. Por otro lado, el reparto de la energía producida se ha realizado a partes iguales entre los integrantes, considerando para el ejercicio que así lo han acordado previamente.

Tabla 11 Factura de la luz estimada Sin autoconsumo. Fuente: elaboración propia

Factura de luz sin autoconsumo			
Término de potencia	kW	€/kW/día	€/año
Potencia contratada	4	0,093874	137,06
Total término Fijo			137,06
Término de energía	kWh/año	€/kWh	€/año
Consumo de energía	3272,00	0,138801	454,16
Total término variable			454,16
Subtotal			591,21
	%	€/mes	€/año
IEE	5,112696		30,23
Alquiler del equipo		0,81	9,72
Subtotal			39,95
IVA (%)	21		132,54
TOTAL FACTURA		€/año	763,70

Tabla 12 Factura de la luz estimada Con autoconsumo colectivo (sin excedentes y 21 participantes). Fuente: elaboración propia

Factura de la luz con autoconsumo (sin excedentes)			
Término de potencia	kW	€/kW/día	€/año
Potencia contratada	4	0,093874	137,06
Total término Fijo			137,06
Término de energía	kWh/año	€/kWh	€/año
Consumo de energía	3272,00		
Autoconsumo	1843,02		
Energía Importada	1428,98	0,138801	198,34
Excedentes de energía	0,00	-0,05	0,00
Total término variable			198,34
Subtotal			335,40
	%	€/mes	€/año
IEE	5,112696		17,15
Alquiler del equipo		0,81	9,72
Subtotal			26,87
IVA (%)	21		76,08
TOTAL FACTURA		€/año	438,34

Realizando la comparativa, se puede establecer que el ahorro estimado por hogar es de **325,36€/año**.

Este ahorro se corresponde con precios considerados para el primer año de actividad. Sin embargo, la planta tiene una vida útil de 20-25años [25][26]; por ello, se ha estimado la variación de este ahorro considerando una subida de precio de los términos de energía y potencia correspondiente a la inflación media de los últimos cinco años, un 1,42% [27].

Tabla 13 Ahorro anual por hogar durante la vida útil de la instalación. Fuente: elaboración propia

Año	Producción (kWh/hogar·año)	Coste potencia (€/kW/día)	Coste energía (€/kWh)	Factura Autoconsumo (€/año)	Factura Sin Autoconsumo (€/año)	Ahorro €
1	1843,02	0,09387	0,13880	438,34	763,70	325,36
2	1833,80	0,09521	0,14077	446,05	774,38	328,33
3	1824,63	0,09656	0,14277	453,88	785,21	331,33
4	1815,51	0,09793	0,14480	461,84	796,19	334,35
5	1806,43	0,09932	0,14685	469,93	807,33	337,40
6	1797,40	0,10073	0,14894	478,15	818,63	340,48
7	1788,41	0,10216	0,15105	486,49	830,09	343,59
8	1779,47	0,10361	0,15320	494,98	841,71	346,73
9	1770,57	0,10508	0,15538	503,60	853,49	349,89
10	1761,72	0,10658	0,15758	512,36	865,44	353,09
11	1752,91	0,10809	0,15982	521,26	877,57	356,31
12	1744,15	0,10962	0,16209	530,30	889,86	359,56
13	1735,43	0,11118	0,16439	539,48	902,33	362,85
14	1726,75	0,11276	0,16672	548,82	914,98	366,16
15	1718,12	0,11436	0,16909	558,30	927,80	369,50
16	1709,53	0,11598	0,17149	567,93	940,81	372,87
17	1700,98	0,11763	0,17393	577,72	954,00	376,28
18	1692,47	0,11930	0,17640	587,67	967,38	379,71
19	1684,01	0,12100	0,17890	597,77	980,95	383,18
20	1675,59	0,12271	0,18144	608,04	994,71	386,68
21	1667,21	0,12446	0,18402	618,46	1008,67	390,21
22	1658,88	0,12622	0,18663	629,06	1022,83	393,77
23	1650,58	0,12802	0,18928	639,82	1037,19	397,36
24	1642,33	0,12983	0,19197	650,75	1051,75	400,99
25	1634,12	0,13168	0,19470	661,86	1066,51	404,65

Como se puede apreciar, la producción de energía va disminuyendo con los años, la factura de la luz anual va aumentando, pero el ahorro aumenta proporcionalmente. Se muestra el siguiente gráfico donde se aprecia quizás con mayor claridad:

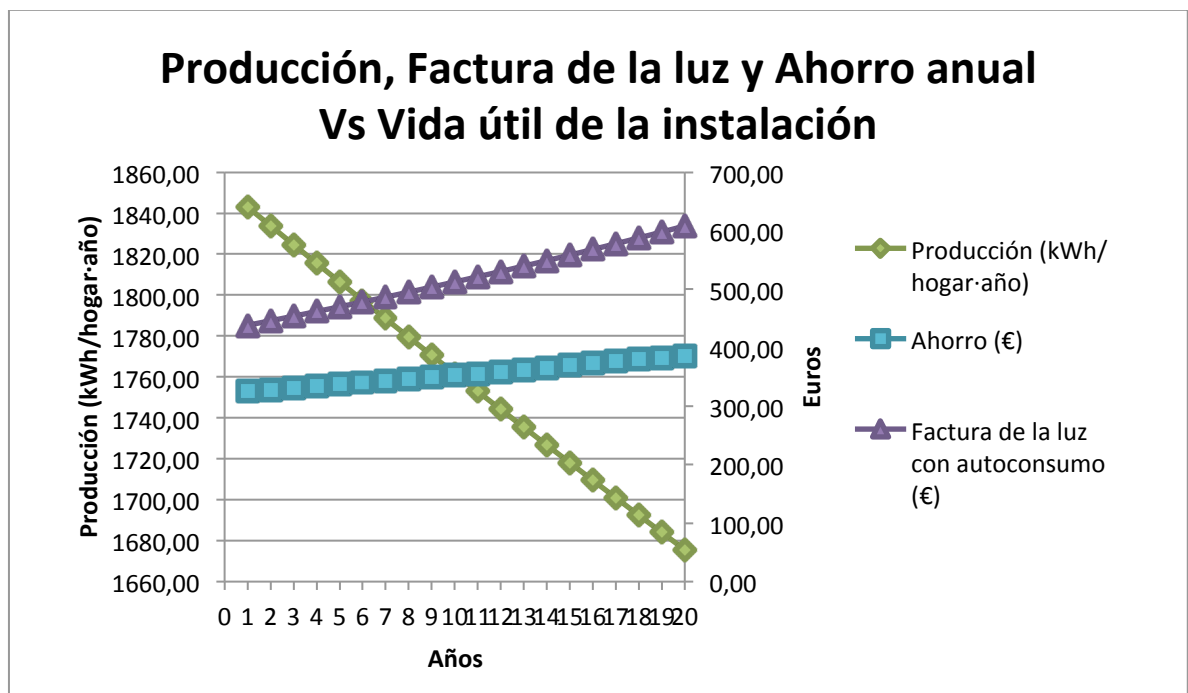


Gráfico 1 Producción, factura de la luz y ahorro anuales Vs vida útil de la planta

Tal y como se ha comentado en apartados anteriores, cabe la posibilidad de que existan excedentes. Por ello, el autoconsumo colectivo está acogida a la compensación simplificada de estos. A continuación, se presenta la misma factura que anteriormente pero suponiendo que de la generación correspondiente, se ha autoconsumido un 75% y se ha compensado el 25%:

Tabla 14 Factura de la luz con autoconsumo y con excedentes compensados. Fuente: elaboración propia

Factura de la luz con autoconsumo (con excedentes)			
Término de potencia	kW	€/kW/día	€/año
Potencia contratada	4	0,093874	137,06
Total término Fijo			137,06
Término de energía	kWh/año	€/kWh	€/año
Consumo de energía	3272,00		
Autoconsumo	1382,26		
Energía Importada	1889,74	0,138801	262,30
Excedentes de energía	460,75	-0,05	-23,04
Total término variable			239,26
Subtotal			376,32
	%	€/mes	€/año
IEE	5,112696		19,24
Alquiler del equipo		0,81	9,72
Subtotal			28,96
IVA (%)	21		85,11
TOTAL FACTURA		€/año	490,38

Comparándola con la factura sin autoconsumo, el ahorro generado en un año para este hogar es de 273,32€. Por lo tanto,

$$€ \text{ Sin Autoconsumo} > € \text{ Con Autocosumo Sin excedentes} > € \text{ Con Autoconsumo Con excedentes}$$

Es decir, el ahorro sin la compensación es mayor que con compensación, siempre y cuando la energía consumida total sea la misma y la generación renovable también. Esto se debe a que el precio al que se compensan los excedentes es menor al de coste de la energía.

En este caso en particular, para que existieran excedentes a compensar, debería darse una de las posibilidades expresadas con anterioridad: que el número de participantes fuera menor para la misma cantidad de generación o que la distribución de la energía generada no fuera proporcional. Para estos casos, la factura presentada anteriormente no es correcta, pues la generación renovable sería mayor. Considerando que los participantes en la comunidad son 12 hogares (capacidad anual de la instalación), y el mismo porcentaje de excedentes que en caso anterior:

Tabla 15 Factura de la luz autoconsumo colectivo (12 hogares) con excedentes. Fuente: elaboración propia

Factura de la luz con autoconsumo (con excedentes 12 hogares)			
Término de potencia	kW	€/kW/día	€/año
Potencia contratada	4	0,093874	137,06
Totar término Fijo			137,06
Término de energía	kWh/año	€/kWh	€/año
Consumo de energía	3272,00		
Autoconsumo	2418,96		
Energía Importada	853,04	0,138801	118,40
Excedentes de energía	806,32	-0,05	-40,32
Total término variable			78,09
Subtotal			215,14
	%	€/mes	€/año
IEE	5,112696		11,00
Alquiler del equipo		0,81	9,72
Subtotal			20,72
IVA (%)	21		49,53
TOTAL FACTURA		€/año	285,39

En este caso el ahorro total frente a la misma factura sin autoconsumo es de 478,31€. Mayor que en el resto de casos. Sin embargo, en este supuesto, la energía renovable asociada a la factura también es mayor, es decir, la energía importada de la red es menor. En esta ocasión, la inversión inicial por parte de los participantes en la comunidad energética también será más grande, prácticamente el doble por ser casi la mitad de involucrados en el proyecto.

Como conclusión, la compensación de energía excedente aporta valor y reduce la factura de la luz. Sin embargo siempre es conveniente consumir toda la generación ya que el precio al que se compensa es menor que el de importación de energía. El balance económico total dependerá de la inversión inicial llevada a cabo. Un sobredimensionamiento de la instalación provocará unos excedentes muy elevados que serán compensables; pero se deberán valorar junto con la inversión inicial.

6.2.3 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un parámetro que calcula el valor que tendrá la inversión en un periodo de tiempo establecido ($t=n$). Para que la inversión sea rentable, deberá tener un valor positivo. El VAN es la suma ponderada de los flujos de caja, siendo las ponderaciones la tasa de descuento (i):

Ecuación 6-2 Valor Actual Neto

$$VAN = CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Se estima que la vida útil de la instalación será de 20-25 años [25][26]. Un valor habitual empleado para proyectos similares de energía fotovoltaica para la tasa de descuento es del 2% [11], lo que resulta algo bajo. Por ello, y con el fin de ser conservadores, la tasa de descuento empleada es del 7%.

El coste del mantenimiento de la instalación fotovoltaica se estima entre 3-5 \$/kW/año [11]. Siendo moderados al escoger el valor más alto y trasladando este dato a la instalación en cuestión, el coste de mantenimiento será de 4,75€/kW/año; es decir, 128,25€/año. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, a continuación, se presenta la tabla donde se pueden ver reflejados los valores más significativos de la inversión:

Tabla 16 Flujo de caja. Cálculo del VAN

Año	Ahorro	Gastos	Flujo de caja	Flujo de actualizado	Flujo de caja	Acumulado
0	- €	40.093,41 €	-40.093,41 €	-40.093,41 €		-40.093,41 €
1	6.832,53 €	128,25 €	6.704,28 €	6.265,68 €		-33.827,73 €
2	6.894,91 €	130,07 €	6.764,83 €	5.908,67 €		-27.919,06 €
3	6.957,85 €	131,92 €	6.825,93 €	5.571,99 €		-22.347,07 €
4	7.021,37 €	133,79 €	6.887,58 €	5.254,50 €		-17.092,57 €
5	7.085,47 €	135,69 €	6.949,77 €	4.955,09 €		-12.137,48 €
6	7.150,15 €	137,62 €	7.012,53 €	4.672,75 €		-7.464,73 €
7	7.215,42 €	139,57 €	7.075,85 €	4.406,48 €		-3.058,25 €
8	7.281,29 €	141,55 €	7.139,74 €	4.155,39 €		1.097,14 €
9	7.347,76 €	143,56 €	7.204,20 €	3.918,61 €		5.015,75 €
10	7.414,84 €	145,60 €	7.269,24 €	3.695,31 €		8.711,06 €
11	7.482,53 €	147,67 €	7.334,86 €	3.484,74 €		12.195,80 €
12	7.550,84 €	149,77 €	7.401,07 €	3.286,16 €		15.481,97 €
13	7.619,77 €	151,89 €	7.467,88 €	3.098,90 €		18.580,87 €
14	7.689,33 €	154,05 €	7.535,28 €	2.922,31 €		21.503,18 €
15	7.759,53 €	156,24 €	7.603,29 €	2.755,78 €		24.258,96 €
16	7.830,36 €	158,46 €	7.671,91 €	2.598,74 €		26.857,70 €
17	7.901,85 €	160,71 €	7.741,14 €	2.450,65 €		29.308,35 €
18	7.973,98 €	162,99 €	7.810,99 €	2.310,99 €		31.619,34 €
19	8.046,78 €	165,30 €	7.881,47 €	2.179,29 €		33.798,63 €
20	8.120,24 €	167,65 €	7.952,59 €	2.055,10 €		35.853,73 €
21	8.194,37 €	170,03 €	8.024,33 €	1.937,98 €		37.791,72 €
22	8.269,17 €	172,45 €	8.096,73 €	1.827,54 €		39.619,25 €
23	8.344,66 €	174,89 €	8.169,77 €	1.723,39 €		41.342,64 €
24	8.420,84 €	177,38 €	8.243,46 €	1.625,17 €		42.967,81 €
25	8.497,71 €	179,90 €	8.317,82 €	1.532,55 €		44.500,36 €

En la columna del ahorro se pueden ver los ahorros calculados resultantes del apartado anterior multiplicado por los 21 integrantes del autoconsumo colectivo. En los gastos asociados a la instalación a lo largo de los años, se representa la cuantía del mantenimiento aplicando un valor medio de la inflación de los últimos 5 años, 1,42% [27].

En la siguiente gráfica se muestra el resultado del valor acumulado frente al tiempo:

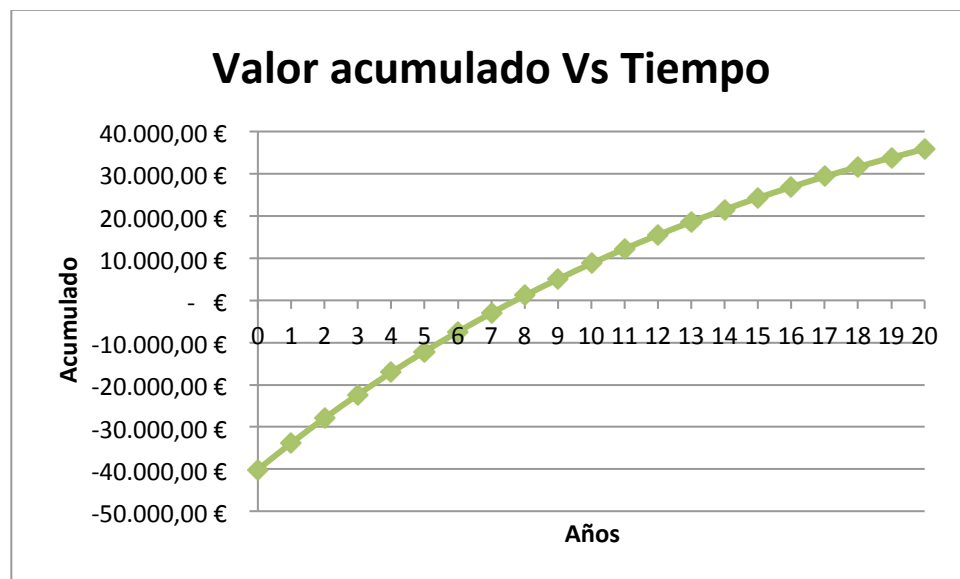


Gráfico 2 Valor acumulado Vs Tiempo

Como se puede apreciar, el valor del VAN es de **35.853,73 €** al considerar la vida útil de la instalación de 20 años. Si se aumenta hasta 25 años, el valor del VAN, se incrementa también (44.500,36€). Su valor positivo implica que la inversión es rentable.

6.2.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto sea 0. Es decir, es la tasa necesaria para igualar el valor actual de los flujos de caja con la inversión inicial. Indica a partir de que tasa de descuento la inversión comienza a ser rentable.

Para el caso en cuestión, la TIR resultante es de **17,23%**; lo que confirma la rentabilidad del proyecto.

$$TIR > Tasa\ de\ descuento \rightarrow 17,23\% > 7\% \rightarrow Rentable$$

6.2.5 Periodo de Retorno (Payback)

Se trata del tiempo a partir del cual se recupera la inversión inicial. Es decir, indica a partir de que año se explotación la instalación empieza a tener beneficios respecto a la inversión inicial.

En la tabla 16 del aparato del VAN, se puede comprobar que el periodo de retorno es de **8 años**.

A nivel general, se ha querido escoger parámetros conservadores con el fin de no obtener sorpresas con los resultados finales.

6.3 BALANCE DE LA COMUNIDAD ENERGÉTICA

En base a la instalación primera que se describe en este proyecto, la comunidad deberá llevar unas cuentas, realizando un balance anual para registrar todos los movimientos. En este caso concreto, la forma jurídica adoptada será la cooperativa. Se contabilizarán los ingresos y las ganancias, que siempre acabarán revertiéndose en la propia comunidad o las personas que la forman.

El fin de este apartado es mostrar un balance de un primer año de actividad de la comunidad energética; con la intención de hallar los principales resultados y parámetros económicos de la misma. Por supuesto se trata de un balance con hechos que aún no han ocurrido y con acciones o movimientos que se esperan durante ese primer año de desarrollo.

A continuación se indican los movimientos realizados y otros aspectos que se han tenido en cuenta:

1. Crowdfunding inicial de 1.400€ para comenzar la actividad
2. Actividad: labores de presentación de la comunidad energética a los ciudadanos. Concienciación, campaña de promoción y captación de integrantes. Coste: 800€
3. Compra de un ordenador portátil 600€
4. Ingreso de cuota de alta de los integrantes de la comunidad energética: 150€ por miembro. Total 21 miembros, 3.150€
5. Concesión de la ayuda de 25.000€
6. Financiación por miembros de la propia comunidad: 21.000€

7. Inversión de la solución técnica propuesta: 40.093,41€
8. Cobro de 1 meses de los beneficios de la instalación: 438,34€
9. Amortización del ordenador en 3 años
10. Intereses para el préstamos de la financiación de la comunidad del 5%
11. Amortización de la inversión en 20 años
12. Impuestos del 25%

Como se ha comentado en otros apartados, el ayuntamiento de la localidad está dispuesto a participar en el proyecto y ser una parte muy importante de la Comunidad Energética. Por ello, se considera que no existirán gastos en cuestión de alquiler de local en el que desarrollar la actividad, compra de mobiliaria, etc. A continuación, se muestra el balance:

Tabla 17 Balance año 1

Activo			Patrimonio neto + Pasivo		
Caja			Resultados Año 1		
(1)	1.400,00 €	800,00 € (2)	(2)	800,00 €	3.150,00 € (4)
(4)	3.150,00 €	600,00 € (3)	(9)	200,00 €	25.000,00 € (5)
(5)	25.000,00 €	40.093,41 € (7)	(11)	2.004,67 €	438,34 € (8)
(6)	21.000,00 €	1.050,00 € (11)	(10)	1.050,00 €	
(8)	438,34 €		(12)	6.133,42 €	
	8.444,93 €			18.400,25 €	18.400,25 €
Equipos informáticos			Impuestos		
(3)	600,00 €			6.133,42 €	(12)
Amortización equipo informático			Capital Social		
		200,00 € (9)		1.400,00 €	(1)
Inversión			Préstamo		
(7)	40.093,41 €			21.000,00 €	(6)
	40.093,41 €		Beneficios Retenidos		
Amortización Inversión				18.400,25 €	
		2.004,67 € (11)	PASIVO + PN		
		2.004,67 €	TOTAL		
ACTIVO TOTAL			46.933,67 €		

Capítulo 7. FINANCIACIÓN

Sin duda, la financiación es uno de los principales desafíos para la creación de una Comunidad Energética. Se va a requerir desde el primer momento en el que arranque el proyecto hasta la constitución en sí y el desarrollo de la primera solución técnica empleada. La financiación necesaria no será constante a lo largo de los primeros momentos de la constitución de la CE y dependiendo de cada momento deberá ser de diferentes formas y cuantías.

A continuación se presentan algunas de las opciones de financiación. Este apartado se puede extrapolar a cualquier proyecto para la puesta en marcha de un negocio o actividad que genere movimientos monetarios.

7.1 AYUDAS

Las subvenciones son una manera de financiación habitual, sobretodo para proyectos de carácter innovador o que tendrán un impacto directo en la sociedad o medioambiente. Existen ayudas a todos los niveles, desde estatales hasta locales. Probablemente, para obtener las subvenciones sea necesario estar ya constituidos como grupo, aunque sea sin entidad jurídica. También será de obligado cumplimiento una serie de requisitos para recibir tales ayudas, así como explicar claramente el destino de los fondos en caso de obtenerlos.

De cara a la comunidades energéticas, existen numerosas ayudas para las diferentes actuaciones posibles de las mismas. Muchas de estas, al tratarse la mayoría de acciones contra el cambio climático, vienen destinados desde fondos europeos aunque habitualmente son gestionados por las comunidades autónomas.

Sin embargo, actualmente existen unas ayudas específicas para las Comunidades Energéticas. Son subvenciones estatales gestionadas por el IDAE. El objetivo de estas ayudas es fomentar la creación de Comunidades Energéticas e intentar solventar los inconvenientes y problemas que se tiene para ello. Están divididas en tres en función del grado de desarrollo de la Comunidad energética [28]:

- CE-APRENDE: tiene como objetivo familiarizar con el concepto de comunidad energética así como la captación de los futuros integrantes. Se trata de una ayuda para los inicios más primarios de constitución de una comunidad energética;

procurando así evitar el problema inicial que surge por el desconocimiento y poco interés ciudadano, así como la falta de experiencia y noción especializada.

- **CE-PLANIFICA:** abarca el siguiente paso de las comunidades energéticas, su constitución y planificación de proyecto inicial. Esta dirigida a aquellas iniciativas que ya cuenten con socios interesados y tengan una idea de los objetivos que persiguen.
- **CE-IMPLEMENTA:** se trata de la última de las ayudas destinadas a comunidades energéticas ya constituidas y que persiguen la financiación para la ejecución de su proyecto.



Ilustración 20 Plan de ayudas del IDAE para Comunidades Energéticas [28]

A día de hoy, solo se han otorgado ayudas correspondientes al plan CE-Implementa. A pesar de ser el último de los pasos, el IDAE ha querido empezar dotando de financiación a los proyectos que ya han supuesto cierto trabajo y esfuerzo. Estas ayudas se publicaron el 24 de diciembre del 2021 en el Boletín Oficial del Estado como una línea de ayudas para proyectos piloto de comunidades energéticas (programa CE Implementa), y está dotada de 40 millones para el impulso de la innovación social, y la participación ciudadana en renovables, eficiencia energética o movilidad eléctrica.

7.2 OTROS TIPOS DE FINANCIACIÓN

A continuación, se indican otras formas de financiación más allá de las ayudas y subvenciones:

a) Crowdfunding

La micro-financiación colectiva o crowdfunding consiste en la creación de una comunidad de pequeños donantes alrededor del proyecto. Los donantes son de índoles muy variadas y la interacción y captación suele hacerse a través de las redes sociales

Las comunidades energéticas son proyectos que encajan en este tipo de financiación ya que la mayoría surgen de plataformas ciudadanas, asociaciones o cooperativas locales.

Actualmente, existen varias plataformas de microfinanciación, algunas de ellas especializadas en proyectos destinados a energías renovables. El funcionamiento es parecido entre todas ellas, pero varían en función de si existe o no un retorno y de que tipo:

- Donaciones: sin retorno
- Recompensas: retorno no monetario
- Inversión: retorno en acciones o participaciones
- Crowdlending: micro-prestamos con un retorno con intereses estipulado en un contrato.

b) Matchfunding

Consiste en la combinación del apoyo ciudadano con el institucional o empresarial. Está relacionado con las estrategias de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de las empresas, aunque las instituciones públicas también se suman a este tipo de iniciativas a través de “concursos ciudadanos” o “gestión participativa”.

El inicio consiste en la publicación por parte de las empresas o las instituciones públicas de una campaña por la que se anuncia que disponen de financiación para proyectos de la índole que corresponda, en este caso, energía comunitaria o cualquier otro nombre similar. Se anima a la ciudadanía a presentar sus proyectos y a publicarlos como crowdfunding.

Aquellos proyectos con más apoyo ciudadano son candidatos al “matching”, es decir, al apoyo también empresarial o institucional. El modo de operación es fijar una

cuantía o un porcentaje de la financiación total necesaria. Cuando el crowdfunding llegue a ese punto, la entidad doblará, completará el porcentaje para alcanzar el 100% o la fórmula que se haya estipulado. De esta forma, se crea un efecto multiplicador en las donaciones existiendo finalmente dos fuentes de financiación.

c) Prestamos bancarios

Otro tipo de financiación es a través de préstamos bancarios tradicionales. Para las comunidades energéticas, esta opción puede resultar algo complicada. Al tratarse de proyectos de reciente creación, sin mucho historial, los bancos pueden tener inconvenientes a la hora de conceder préstamos. Además de la viabilidad del proyecto, suelen tenerse en cuenta este tipo de “seguros” que se están construyendo poco a poco pero carecen aún de entidad.

También es importante recalcar que normalmente los préstamos bancarios no cubren el 100% de la inversión requerida; por lo que la combinación de formas de financiación es una opción con sentido.

d) Finanzas éticas

Se trata de la financiación a través de la banca conocida como banca ética o banca social o alternativa. Son entidades cuyos productos no se condicionan únicamente al mayor beneficio o rentabilidad financiera, sino que también tienen en cuenta los beneficios sociales.

En ocasiones, funcionan como cooperativa y se encargan de poner en contacto a inversores que apuestan por un sistema financiero responsable y transparente, con las empresas u organizaciones que comparten filosofía y necesitan financiación para proyectos que actúan en las necesidades ambientales y sociales. Algunas de las bancas éticas más conocidas son Triodos Bank, Fiare o Coop57, que se dedica especialmente a proyectos vinculados a la transición energética [9].

e) Financiación por terceras parte

Se puede buscar la financiación en cooperativas ya existentes. En el caso de España, se conoce que Som Energía concedió un préstamo a Boa Energía de Portugal para llevar a cabo su primer proyecto. El préstamo se devolvió cuando la ciudadanía se sumó a él y el proyecto adquirió visibilidad.

En el caso concreto que se está desarrollando en este Trabajo Fin de Master, se pretende conseguir financiación a partir de una mezcla de las diferentes posibilidades. Principalmente a través de las ayudas. Actualmente, se está esperando a las ayudas del IDAE para poder comenzar a constituir la Comunidad Energética. Al mismo tiempo, además de este estudio, se trabaja en la divulgación y educación para poder captar futuros integrantes de la comunidad energética.

Capítulo 8. PLAN DE IMPLANTACIÓN

En el siguiente apartado se quiere expresar de forma temporal la creación de la comunidad energética con la construcción de lo que será la primera actuación, la instalación de autoconsumo colectivo.

Para ello, se han tenido en cuenta las siguientes actividades y el tiempo dedicado a cada una de ellas:

- Difusión, educación y captación de miembros para la Comunidad Energética: 11 semanas
 - Creación de material informativo específico para la localidad
 - Campaña de sensibilización puerta a puerta
 - Actos informativos junto con el Ayto.
 - Reunión de consolidación de grupo

- Estudio básico de viabilidad técnico y económico: 6 semanas.
 - Búsqueda de ayuda de expertos fuera de la CE (si fuera necesario)
 - Estudio de viabilidad

- Proceso administrativo de constitución de la comunidad energética en forma de cooperativa: 5 semanas. [29]
 - Solicitud de constitución de la cooperativa.
 - Elaboración y discusión de los Estatutos de la Comunidad Energética: 4 semanas.

- Búsqueda de financiación: 16 semanas
 - Solicitud de ayudas
 - Campaña crowdfunding

- Proyecto técnico (20 semanas)
 - Solicitud de ofertas y presupuesto para el desarrollo del proyecto: 1 semana
 - Evaluación de la ofertas: 2 semanas.
 - Desarrollo del proyecto técnico: 20 semanas.

A su vez, el desarrollo del proyecto técnico, tendrá la siguientes actividades planificadas.

- Solicitud del permisos
 - Permisos para construcción: 10 semanas
 - Permisos de conexión a la red: 15 semanas

- Ingeniería:
 - Estudio de la ubicación y el recurso solar: 3 semanas
 - Cálculo de la instalación: 3 semanas
 - Cálculo de la estructura necesaria: 2 semanas
 - Solicitud y recepción de ofertas a suministradores: 2 semanas
 - Tabulación técnico-económica de ofertas: 3 semanas
 - Revisión de documentación de suministradores: 3 semanas
 - Revisión y ajuste de cálculos de la instalación: 3 semanas
 - Redacción de proyecto: 4 semanas

- Construcción:
 - Construcción de la estructura: 3 semanas
 - Construcción de la instalación fotovoltaica: 4 semanas

- Puesta en marcha de la instalación
 - Pruebas de Puesta en Marcha: 2 semana
 - Enganche a la red

Los tiempos indicados son estimaciones realizadas. Muchos de estos plazos dependen de terceros, como pueden ser la concesión de ayudas, o los tiempos que puedan marcar los suministradores de equipos.

En el Anexo IV se puede ver la evolución temporal representada en el diagrama de Gantt.

Capítulo 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

9.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se han obtenido al realizar este Trabajo Fin de Máster sobre la creación de una comunidad energética son diversas. Desde el estudio y documentación inicial hasta el desarrollo de la solución técnica escogida como primera actuación de la comunidad energética, las conclusiones más significativas son las siguientes:

- Una comunidad energética es una solución apropiada para la lucha contra el cambio climático y el impulso de las energías renovables. Además, también persiguen un fin social, lo que las convierte en una idea muy interesante para núcleos de población, sobretodo en localidades pequeñas.
- Las comunidades energéticas permiten participar en la transición energética a familias o empresas que de forma independiente no podrían acceder económicamente y/o técnicamente a instalaciones de energías renovables y a otras actuaciones contra el cambio climático. El hecho de crear y pertenecer a un grupo en el que los recursos son comunitarios consiente que, con una inversión pequeña, se pueda ser participe y beneficiario de las acciones llevadas a cabo.
- Las actuaciones que se pueden llevar a cabo desde una comunidad son diversas. Dependiendo de los recursos y la forma de vida de la localidad y de sus asociados, será conveniente desarrollar un tipo de actividades u otras. Aún así, destaca el autoconsumo a partir de energía solar fotovoltaica. El desarrollo de la tecnología, la modularidad y la flexibilidad la dotan de grandes ventajas y hacen que las instalaciones fotovoltaicas sean factibles en prácticamente cualquier Comunidad Energética.
- A día de hoy siguen existiendo numerosas trabas para el desarrollo de las comunidades energéticas. Destacan el desconocimiento tanto técnico como económico y legislativo que permitan dar los primeros pasos a vecinos interesados en participar en la transición energética. Sin embargo, desde los organismos públicos pretenden impulsar las comunidades energéticas poniendo solución a ello con ayudas económicas que cubran también esas primeras fases.

- Las asociaciones y las cooperativas son las formas jurídicas más utilizadas y con mayores ventajas para las comunidades energéticas. Si estas tienen ambición de crecimiento y no se centran en una única actuación puntual, las cooperativas se ajustan mejor a las demandas del grupo de trabajo creado.
- La participación del gobierno local en las comunidades energéticas les otorga grandes ventajas, desde financiación hasta el hecho de compartir recursos. Además de crear una comunidad socialmente más fuerte y unida.
- Existen varios tipos de autoconsumo colectivo en función de la situación de la instalación generadora y sus consumidores, así como en función del tratamiento o no de los excedentes si los hubiera. Para la CE de Navarrevisca, la solución más adecuada es un autoconsumo colectivo conectado a la red pública con compensación de excedentes.
- En una instalación fotovoltaica es especialmente importante la disposición de las placas fotovoltaicas; consiguiendo una mayor producción de energía según se consigue aumentar la exposición solar de las mismas. La conexión en serie y paralelo entre ellas vendrá indirectamente definida por la elección del inversor.
- La compensación de excedentes es una elección adecuada para seguir obteniendo beneficios de la generación eléctrica de más de una instalación; sin embargo, dado el mercado energético, siempre es conveniente consumir la energía producida en el momento, ahorrando así en la cantidad de energía importada de la red.
- En el caso estudiado, la inversión por parte de los integrantes es atractiva. El ahorro obtenido por todo el colectivo se compensaría en 8 años. Si se tuvieran en cuenta ayudas que se están empezando a otorgar a las comunidades energéticas, o una mayor financiación por parte del ayuntamiento local o cualquier otra entidad, el retorno ocurriría en un tiempo menor.

9.2 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Como se ha podido comprobar a lo largo del desarrollo del Trabajo Fin de Máster, las Comunidades Energéticas son proyectos vivos que buscan mejorar la calidad de vida de sus colaboradores haciéndoles partícipes de la transición energética. En este caso, esa aportación se ha realizado a partir de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo.

Las líneas de trabajo futuras de la comunidad energética estudiada pueden ser sobre el desarrollo de nuevos proyectos que persiguen el mismo fin. Además de las instalaciones generadoras de energía eléctrica, cualquier otro tipo de actividad beneficioso para el medio ambiente y para la comunidad serían de aplicación. Por ejemplo, resultaría de gran provecho llevar a cabo planes para reducir o eliminar el consumo de combustibles fósiles para calefacción y agua caliente sanitaria. También, son de especial interés, las acciones para la gestión de la demanda de energía eléctrica, así como proyectos que fomenten la movilidad eléctrica.

Por otro lado, y sin ser menos importante, el reto de la comunidad energética estudiada será crecer en número de participantes para así poder aumentar las actividad y por tanto, la contribución del pueblo a la lucha contra el cambio climático. La situación actual de la comunidad energética en la localidad de Navarrevisca es que se encuentra en fase de estudio; siendo la actuación próxima la captación de participantes.

A nivel general, desde mi punto de vista, las comunidades energéticas tienen el reto de publicitarse. Es importante dar a conocer este tipo de colaboración comunitaria que resulta tan beneficiosa a nivel medioambiental y social; además de tener ventajas económicas de gran impacto en familias y pymes participantes.

Otro de los aspectos para impulsarlas y por lo tanto, una línea de trabajo, es el colaborar entre las comunidades ya creadas y administración pública para poder dotar a los vecinos de herramientas que les permitan desarrollar una comunidad energética. Al fin y al cabo, se trata de agrupaciones de personas sin experiencia técnica y ni de gestión empresarial que desean participar en la transición energética y se ven inseguras para dar el paso por la incertidumbre y falta de conocimiento.

Desde el IDAE, se destacan los siguientes retos para la comunidades energéticas [1].

A nivel general:

- Transformación de los consumidores pasivos en sujetos activos en el campo del abastecimiento energético
- Combinar las actuaciones con mecanismos bottom-up, donde los proyectos se desarrollan desde un inicio con el trabajo participativo de los beneficiarios.
- Desarrollar sistemas de incentivo y apoyo a las comunidades energéticas que se vayan modificando según se detecten los problemas.
- Fomento de las iniciativas empezando por el fácil acceso para comunidades que no disponen de capacidad técnica o jurídico-administrativa.

A nivel legal-administrativo:

- Conformar un marco legal coherente, sin vacíos ni contradicciones
- Transparencia y accesibilidad a los datos de consumos para poder desarrollar proyectos que saquen el máximo partido.
- Control de la distribución eléctrica.
- Fomentar la interoperabilidad entre el productor y el sistema eléctrico.

A nivel económico:

- Activar la financiación privada acotando riesgos en los productos financieros.
- Involucrar a Empresas de Servicios Energéticos que por su modelo de negocio (con altos gastos generales) solo actúan en proyectos de gran volumen financiero, alejándolas de las comunidades energéticas
- Promoción de modelos colaborativos entre administración pública, con empresa privada y comunidad local

BIBLIOGRAFÍA

[1] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). “Guía para el desarrollo de instrumentos de fomento de comunidades energéticas locales”. Marzo 2019. [En línea]
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guia_para-desarrollo-instrumentos-fomento_comunidades_energeticas_locales_20032019_0.pdf
[Consulta 2022]

[2] ASSET (Advanced System Studies for Energy Transition). “Energy Communities in the European Union” [En línea]
<https://asset-ec.eu/wp-content/uploads/2019/07/ASSET-Energy-Communities-Revised-final-report.pdf> [Consulta 2022]

[3] Coalición Europea por la Energía Comunitaria. “Comunidades Energéticas: una guía práctica para impulsar la energía comunitaria”. Versión española contextualizada por Amigos de la Tierra. [En línea]
<https://www.rescoop.eu/toolbox/community-energy-a-practical-guide-to-reclaiming-power-spanish-edition> [Consulta 2022]

[4] Friends of the Earth Europe. “The benefits of community ownership”. [En línea]
https://www.foeeurope.org/sites/default/files/renewable_energy/2017/the_benefits_of_community_ownership.pdf [Consulta 2022]

[5] Distribuidores. Web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [En línea]
<https://energia.gob.es/electricidad/Distribuidores/Paginas/Distribuidores.aspx> [Consulta 2022]

[6] Grupo Re Eléctrica. “Manual para una Comunidad Energética Rural” [En línea]
<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2022/05/red-electrica-publica-manual-practico-comunidades-energeticas> [Consulta 2022]

[7] Red de comunidades energéticas S.coop. [En línea]
<https://comunidadesenergeticas.org/> [Consulta 2022]

[8] IDAE – Mapa interactivo. [En línea]

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/comunidades-energeticas-vigentes-en-las-distintas-comunidades-autonomas> [Consulta 2022]

[9] Coop 57. Servicios financieros éticos y solidarios. “La apuesta por la transición energética” [En línea]
<https://coop57.coop/es/noticia/la-apuesta-por-la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica>
[Consulta 2022]

[10] IDEA. “Guía profesional de tramitación del autoconsumo”. Junio 2022. [En línea]
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/2022-06_Guia_Profesional_Tramitacion_autoconsumo_v.4.1.pdf [Consulta 2022]

[11] Real Decreto Ley 244/2019, del 5 de abril, por el que regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089

[12] Cambio Energético. Blog “Energías Renovables y Autoconsumo fotovoltaico”. [En línea].
<https://www.cambioenergetico.com/blog/ejemplos-practicos-autoconsumo-colectivo/>
[Consulta 2022]

[13] AlusínSolar, Solar structures. “Principales componentes de una instalación fotovoltaica”. [En línea]
<https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>
[Consulta 2022]

[14] Goienuri Kalea. Laudio-araba. “Construcción de aparcamiento en superficie con servicios de acogida para autocaravanas”. [En línea]
https://www.laudio.eus/contratos/OS-272-2016/00_Aparcamiento_Ellakuri_Proyecto_COMPLETO.pdf [Consulta 2022]

[15] Imagen brújula. [En línea]. <https://mestebanc.wordpress.com/tag/brujula/> [Consulta 2022]

[16] EU Science Hub. “PVGIS Photovoltaic Geographical Information system”. [En línea]
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en [Consulta 2022]

- [17] Red Eléctrica Española (REE). “Cómo consumimos electricidad”. [En línea] https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/como-varia-mi-consumo.html [Consulta 2022]
- [18] SFE Solar Logistic S.L. [En línea]. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/> [Consulta 2022]
- [19] Suministros del Sol. Inversor. [En línea] <https://suministrodelsol.com/es/inversor-conexion-a-red/806-inversor-de-red-trifasico-ingeteam-serie-3play-tl-de-20-a-33kw.html> [Consulta 2022]
- [20] Suministros del Sol. Módulos. [En línea] <https://suministrodelsol.com/es/paneles-60-cel-120-cel/739-panel-solar-astronergy-275w-60-celulas-policristalino.html> [Consulta 2022]
- [21] Ramón Gomis Vidal. “Instalación en baja tensión de planta solar fotovoltaica de 25 kW” Universidad Politécnica de Cartagena. Ingeniería de Organización industrial. Junio 2013. [En línea] <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3554/pfc5198.pdf?sequence=1> [Consulta 2022]
- [22] SomEnergía Cooperativa. “¿Cómo funciona la compensación simplificada de excedentes?” [En línea] <https://es.support.somenergia.coop/article/784-como-funciona-la-compensacion-simplificada-de-excedentes> [Consulta 2022]
- [23] Hogarsolar. “¿Cómo me pagan mis excedentes de producción de energía”. [En línea] <https://hogarsolarenergia.es/como-me-pagan-mis-excedentes-de-produccion-de-energia/> [Consulta 2022]
- [24] Selectra. “Autoconsumo con excedentes: ¿compensación simplificada o venta de energía?”. [En línea] <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas> [Consulta 2022]
- [25] J.A. González-Calero Somoza, J. Contreras Sanz y J. I. Muñoz Hernández, “Análisis económico de inversiones en energías renovables en Castilla La Mancha”, X CONGRSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS, 2006. [En línea] https://www.aepro.com/files/congresos/2006valencia/ciip06_1297_1308.967.pdf [Consulta 2022]

[26] NREL. Benjamin Mow. “STAT FAQs Part 2: Lifetime of PV Panels” April 23, 2018 . [En línea] <https://www.nrel.gov/state-local-tribal/blog/posts/stat-fags-part2-lifetime-of-pv-panels.html#:~:text=NREL%20research%20has%20shown%20that,rate%20of%200.5%25%20per%20year> [Consulta 2022]

[27] Datosmundiales.com “Desarrollo de las tasas de inflación en España”. [En línea]. <https://www.datosmundial.com/europa/espana/inflacion.php#:~:text=Desarrollo%20de%20las%20tasas%20de,inflaci%C3%B3n%20fue%20del%206.4%25%20anual>. [Consulta 2022]

[28] IDAE. “Ayudas y Financiación” [En línea] <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas/jornada-comunidades-energeticas-participacion-ciudadana-en-la-transicion-energetica>
<https://www.idae.es/noticias/el-miteco-lanza-las-primeras-ayudas-del-perte-erha-para-proyectos-piloto-de-comunidades> [Consulta 2022]

[29] Crear-Empresas. “Trámites para construir una cooperativa”. [En línea] . <https://www.crear-empresas.com/tramites-para-constituir-una-cooperativa#:~:text=Plazo%3A%2030%20d%C3%ADas%20a%20partir,domicilio%20fiscal%20de%20la%20sociedad>. [Consulta 2022]

[30] Sapiens. “¿Qué es una Comunidad energética local” [En línea]. <https://sapiensenergia.es/comunidad-local-energia-renovable/> [Consulta 2022]

ANEXOS

ANEXO I RESULTADOS PVGIS

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

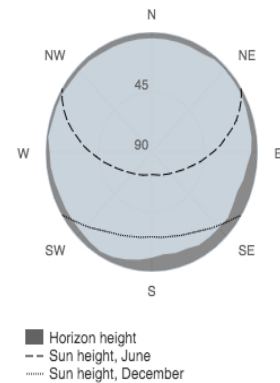
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.368,-4.889
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 27 kWp
 System loss: 14 %

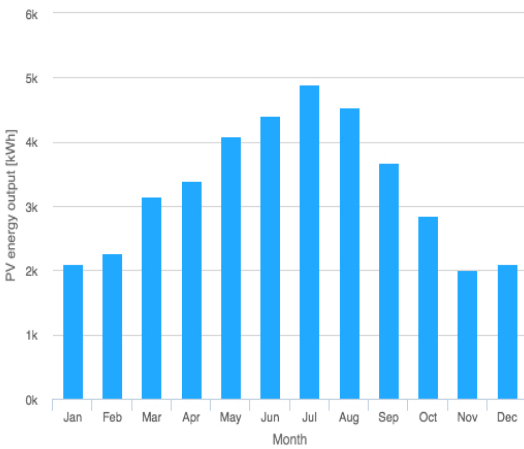
Simulation outputs

Slope angle: 20 °
 Azimuth angle: 10 °
 Yearly PV energy production: 39475.87 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1881.92 kWh/m²
 Year-to-year variability: 1685.48 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.94 %
 Spectral effects: 0.47 %
 Temperature and low irradiance: -7.36 %
 Total loss: -22.31 %

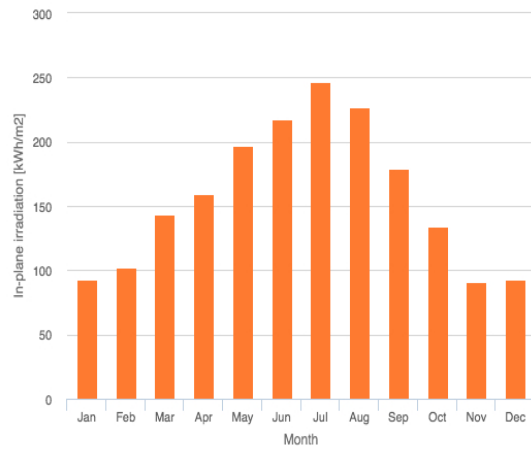
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

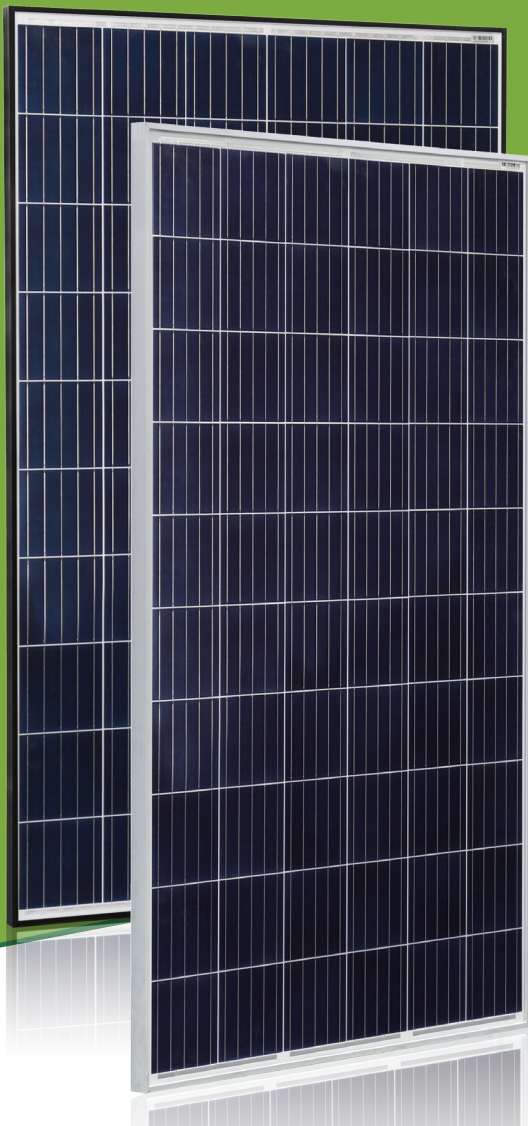
Month	E _m	H(i) _m	SD _m
January	2097.8	93.1	448.7
February	2269.6	101.8	452.6
March	3149.3	143.6	567.6
April	3397.7	159.4	414.0
May	4096.1	196.7	513.0
June	4407.4	217.3	292.7
July	4899.3	246.2	139.8
August	4529.2	226.8	160.7
September	3677.5	179.0	289.7
October	2856.5	134.1	394.0
November	2002.1	90.6	412.7
December	2093.5	93.2	291.3

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

ANEXO II FICHA TÉCNICA PLACA FOTOVOLTAÍCA



Opcional: Marco negro diseñado para proyectos y aplicaciones específicas (como por ejemplo, techos residenciales, etc.)

CERTIFICADOS COMPLETOS



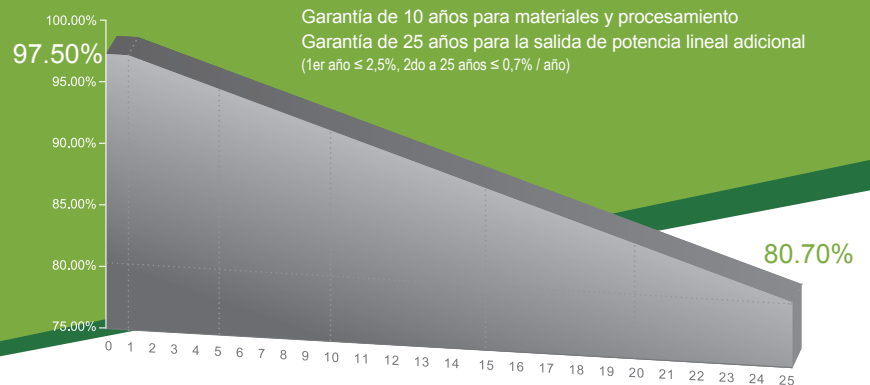
La primera empresa de paneles solares en pasar la auditoria de certificación TUV Nord IEC/TS 62941.

ASTRONOVATM 255W~275W

Módulo PV policristalino de 5BB

CHSM6610P Serie
CHSM6610P/HV Serie

La serie CHSM6610P tiene una tensión máxima del sistema de 1000 V estándar.
La serie CHSM6610P/HV tiene una tensión máxima del sistema de 1500 V estándar.



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Tolerancia positiva de salida**
 La tolerancia positiva garantizada de 0 ~ +5W asegura la fiabilidad de potencia de salida.
- Innovadora celda de 5 barras**
 Reduce la resistencia de celdas en serie y el estrés interno, disminuye el riesgo de microfisuras y mejora la salida del módulo
- Resistencia PID**
 Excelente resistencia PID probada a 96 horas (@ 85 °C/85%), que puede ser mejorada para cumplir con estándares más altos en ambientes adversos.
- Excelente capacidad de carga mecánica**
 Certificado de resistencia para: cargas de nieve (6000 Pa) y cargas de viento (3600 Pa).
- Alta fiabilidad y durabilidad**
 Rendimiento eficaz en condiciones climáticas adversas como arena, niebla salina y corrosión de amoníaco.
- Prueba de granizo aprobada**
 Certificado de resistencia al granizo: tamaño de bolas de hielo (d = 45 mm) y velocidad de bolas de hielo (v = 30,7 m/s).
- Baja irradiación lumínica**
 El vidrio ARC de textura profunda y los procesos de texturización de la superficie de la celda permiten un excelente desempeño en condiciones de niebla, días nublados y otras condiciones de baja luminosidad.



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

Potencia nominal STC (P_{mpp})*	255 Wp	260 Wp	265 Wp	270 Wp	275 Wp
Tensión nominal (V_{mpp}) en STC	30.66 V	30.88 V	30.92 V	31.08 V	31.12 V
Corriente nominal (I_{mpp}) en STC	8.33 A	8.43 A	8.58 A	8.70 A	8.85 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc}) en STC	37.48 V	37.72 V	37.87 V	38.00 V	38.45 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc}) en STC	8.85 A	8.95 A	9.18 A	9.45 A	9.52 A
Eficiencia del módulo	15.6%	15.9%	16.2%	16.5%	16.9%
Potencia nominal (P_{mpp}) en NOCT	191.3 Wp	195.0 Wp	198.8 Wp	202.5 Wp	206.3 Wp
Tensión nominal (V_{mpp}) en NOCT	27.73 V	27.94 V	27.98 V	28.12 V	28.15 V
Corriente nominal (I_{mpp}) en NOCT	6.90 A	6.98 A	7.10 A	7.20 A	7.33 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc}) en NOCT	34.24 V	34.46 V	34.60 V	34.71 V	35.13 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc}) en NOCT	7.45 A	7.54 A	7.73 A	7.96 A	8.02 A
Coefficiente de temperatura (α_{mpp})	- 0.407%/°C				
Coefficiente de temperatura (α_{sc})	+0.049%/°C				
Coefficiente de temperatura (α_{oc})	- 0.310%/°C				
Temperatura de funcionamiento normal de la celda (NOCT)	43±2°C				
Tensión máxima del sistema (IEC/UL)	1000V _{DC} o 1500V _{DC}				
Número de diodos	3				
Clasificación I de la caja de conexiones	IP 67				
Valor máximo de los fusibles de la serie	15 A				

* Tolerancia de medición +/- 3%

STC: Irradiación 1000W/m², temperatura de la celda 25 °C, AM=1.5

NOCT: Irradiación 800W/m², temperatura ambiente 20 °C, AM=1.5, velocidad del viento 1m/s

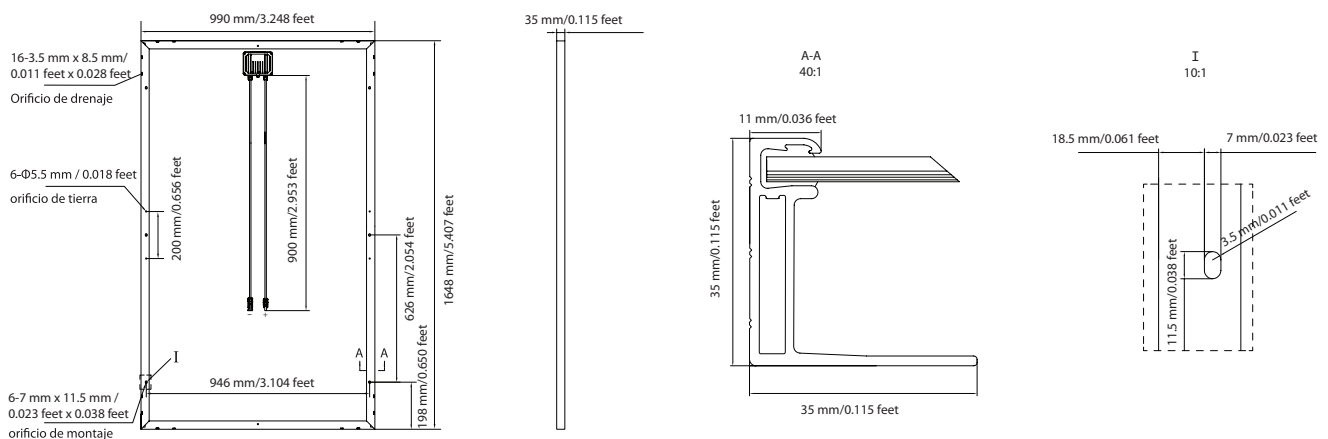
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Dimensiones exteriores (L x An x Al)	1648 x 990 x 35 mm 64.88 x 38.98 x 1.38 in
Tecnología del marco	aluminio, plata / negra anodizada
Composición del módulo	vidri / EVA / lámina posterior (blanca)
Espesor del vidrio frontal	3.2 mm / 0.13 in
① Longitud del cable (IEC/UL)	900 mm / 35.43 in
Diámetro del cable (IEC/UL)	4 mm ² / 12 AWG
② Carga máxima de prueba mecánica	6000 Pa
Resistencia al fuego (IEC/UL)	Clase C (IEC) o Tipo 1 (UL)
Tipo de conector (IEC/UL)	compatible con MC4

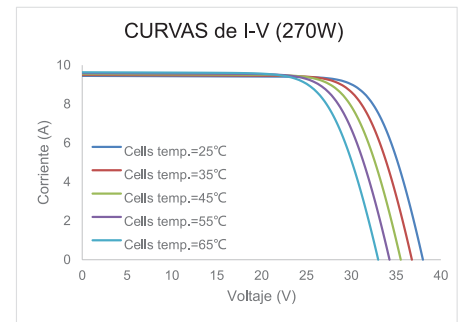
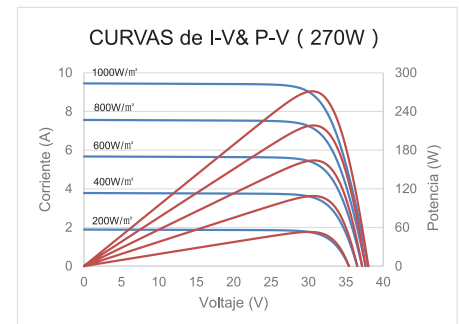
① Opcional: 900 (+) / 600 (-) mm o 1000 mm para proyectos definidos con antelación

② Consulte el manual de instalación del módulo cristalino Astronergy o póngase en contacto con el área de soporte técnico.
Carga máxima de prueba mecánica = 1.5 × carga máxima de diseño mecánico.

DETALLES DE LA DIMENSIÓN DEL MÓDULO



CURVA



ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

① Peso (solo el módulo)	18.3 kg / 40.34 lbs
② Unidad de embalaje	31 pcs / box
Peso de la unidad de embalaje (para contenedor de 40' HQ)	616 kg / 1358 lbs
Número de módulos por contenedor de 40' HQ	868 pcs

① Tolerancia +/- 1.0kg

② Sujeto al contrato de venta

ANEXO III FICHA TÉCNICA INVERSOR

**INVERSORES
TRIFÁSICOS SIN
TRANSFORMADOR
CON LA MÁXIMA
EFICIENCIA Y EL
MEJOR PRECIO**

20TL / 33TL

Familia de inversores trifásicos sin transformador para uso doméstico, industrial y para instalaciones FV de campo.

La máxima eficiencia al mejor precio

Un único bloque de potencia con un avanzado sistema individual de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT), que permite obtener la máxima energía del campo fotovoltaico al precio más competitivo del mercado.

Tecnología Plug & Play

Extremadamente fácil de instalar. La conexión del inversor se realiza de forma simple y rápida. Además, el idioma y la configuración específicos de cada país pueden ser seleccionados directamente desde la pantalla del inversor.

Diseño robusto

Envolvente de acero, especialmente diseñada para instalaciones tanto de interior como de exterior (IP65). Soporta temperaturas extremas. Los inversores INGECON® SUN 3Play TL han sido diseñados para garantizar una vida útil de más de 20 años, como lo demuestran los tests de estrés a los que son sometidos.

Fácil mantenimiento

Un datalogger interno permite almacenar datos de hasta 3 meses de antigüedad. El control se puede realizar desde un PC remoto o *in situ* desde el display del inversor. Dispone de pantalla LCD y LEDs indicadores de estado y alarmas.

Manejo sencillo

Los inversores INGECON® SUN 3Play TL disponen de una pantalla LCD que permite visualizar de forma sencilla y cómoda el estado del inversor, así como diferentes variables internas. Además, el display dispone de tres LEDs que indican el estado de funcionamiento del inversor y avisan de cualquier incidencia mediante una indicación luminosa, lo cual simplifica y facilita las tareas de mantenimiento del equipo.

Software incluido

Los equipos 3Play TL incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet. Las comunicaciones RS-485 también las integra de serie. Además, el usuario puede descargar desde la web www.ingeteam.com la última versión del firmware del inversor y actualizarlo usando una simple tarjeta de memoria SD.

Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años



20TL / 33TL

Todos los modelos incluyen descargadores tipo 3 DC y AC. Además, incluyen un seccionador DC y una entrada de bornas con sistema de seguimiento del punto de máxima potencia.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Sistema MPPT.
- Eficiencia máxima 98,5%.
- Entradas digitales.
- Comunicaciones RS-485 de serie.
- Actualización de firmware a través de una tarjeta de memoria SD.
- Software INGECON® SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta.
- Visualización de datos de la planta mediante el software INGECON® SUN Monitor.
- Pantalla LCD.
- Fácil mantenimiento.
- Contacto libre de potencial configurable desde el display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.
- Solución Plug & Play.
- Apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65).
- Óptimas prestaciones a altas temperaturas.
- Diferentes versiones para todo tipo de proyectos.
- Diseño compacto.
- Idioma, Código de país y tensión nominal configurables por display.

PROTECCIONES

- Polarización inversa.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Fallo de aislamiento.
- Sobretensiones DC y AC con descargadores tipo III.

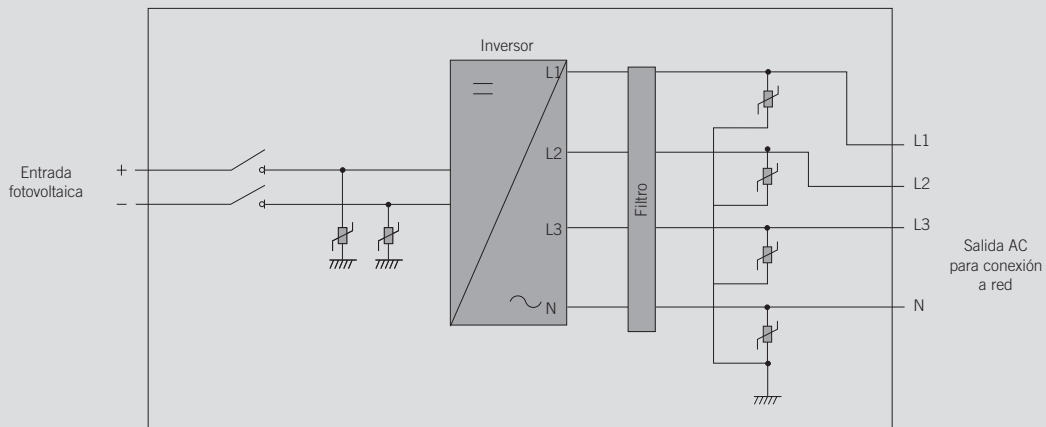
ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación entre inversores mediante Ethernet, GSM / GPRS o Wi-Fi. Disponible también una segunda tarjeta de comunicación RS-485.
- Kit de autoconsumo.

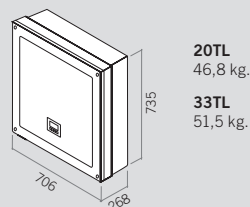
VENTAJAS

- El mejor precio posible.
- Mantenimiento sencillo.
- Larga vida útil del inversor.

3Play TL



Dimensiones y peso (mm)



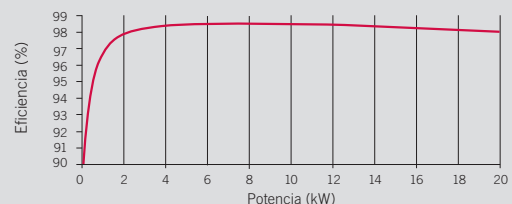
	20TL	33TL
Valores de Entrada (DC)		
Rango pot. campo FV recomendado ⁽¹⁾	20,6 - 26,8 kW	34 - 45 kW
Rango de tensión MPP ⁽²⁾	560 - 820 V	
Tensión mín. para Pnom a Vac nominal	560 V	
Tensión máxima ⁽³⁾	1.000 V	
Corriente máxima ⁽⁴⁾	37 A	61 A
Número de entradas	1	
MPPT	1	
Valores de Salida (AC)		
Potencia nominal	20 kW	33 kW
Máx. temperatura a potencia nominal ⁽⁵⁾	55 °C	51 °C
Corriente máxima	29 A	48 A
Tensión nominal	400 V	
Rango de tensión	187 - 528 V	304 - 528 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	
Tipo de red ⁽⁶⁾	TT / TN	
Factor de Potencia	1	
Factor de Potencia ajustable ⁽⁷⁾	Sí. Smáx=20 kVA; Qmax=20 kVAR	Sí. Smáx=33 kVA; Qmax=20 kVAR
THD	<3%	
Rendimiento		
Eficiencia máxima	98,5%	
Euroeficiencia	98,3%	
Datos Generales		
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada	
Caudal de aire	200 m³/h	400 m³/h
Consumo en stand-by ⁽⁸⁾	10 W	
Consumo nocturno	1 W	
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 65 °C	
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%	
Grado de protección	IP65	
Marcado	CE	
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100	
Normativa de conexión a red	RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-16 Ed. III, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, G83/2 ⁽⁹⁾ , P.O.12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, IEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code	

Elementos integrados

Bornas	✓
DC Seccionador	✓
Descargadores DC y AC, tipo 3	✓

Notas: ⁽¹⁾ Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica ⁽²⁾ $V_{mpp,min} = 560$ V cuando $V_{ac} = 400$ V. Para otros casos: $V_{mpp,min} = 1.4 \times V_{ac}$ ⁽³⁾ No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas ⁽⁴⁾ La corriente máxima por conector FV es 12 A ⁽⁵⁾ Por cada °C de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8% ⁽⁶⁾ Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. El neutro de la red debe conectarse al equipo ⁽⁷⁾ Q=0 fuera del rango de tensión MPP ⁽⁸⁾ Consumo desde el campo fotovoltaico ⁽⁹⁾ Sólo para inversores hasta 16 A de salida.

Rendimiento INGECON® SUN 20TL Vdc = 600 V





Ingeteam

Ingeteam Power Technology, S.A.
Avda. Ciudad de la Innovación, 13
31621 Sarriguren (Navarra) - España
Tel.: +34 948 288 000
Fax: +34 948 288 001
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam S.r.l.
Via Emilia Ponente, 232
48014 Castel Bolognese (RA) - Italia
Tel.: +39 0546 651 490
Fax: +39 054 665 5391
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

Ingeteam SAS
La Naurouze B - 140 rue Carmin
31670 Labège - Francia
Tel.: +33 (0)5 61 25 00 00
Fax: +33 (0)5 61 25 00 11
e-mail: france@ingeteam.com

Ingeteam INC.
3550 W. Canal St.
Milwaukee, WI 53208 - EEUU
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190
Fax: +1 (414) 342 0736
e-mail: solar.us@ingeteam.com

Ingeteam, a.s.
Technologická 371/1
70800 Ostrava - Pustkovec
República Checa
Tel.: +420 59 747 6800
Fax: +420 59 732 6899
e-mail: czech@ingeteam.com

Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.
Shanghai Trade Square, 1105
188 Si Ping Road
200086 Shanghai - P.R. China
Tel.: +86 21 65 07 76 36
Fax: +86 21 65 07 76 38
e-mail: shanghai@ingeteam.com

Ingeteam, S.A. de C.V.
Leibnitz Ext 13 Int 1102, Colonia Anzures
11590 - Miguel Hidalgo
Ciudad de México - México
Tel.: +52 81 8311 4858
Fax: +52 81 8311 4859
e-mail: northamerica@ingeteam.com

Ingeteam Ltda.
Rua Estácio de Sá, 560
Jd. Santa Genebra
13080-010 Campinas/SP - Brasil
Tel.: +55 19 3037 3773
e-mail: brazil@ingeteam.com

Ingeteam Pty Ltd.
Unit 2 Alphen Square South
16th Road, Randjiespark
Midrand 1682 - Sudáfrica
Tel.: +2711 314 3190
Fax: +2711 314 2420
e-mail: southafrica@ingeteam.com

Ingeteam SpA
Los militares 5890, Torre A, oficina 401
7560742 - Las Condes
Santiago de Chile - Chile
Tel.: +56 2 29574531
e-mail: chile@ingeteam.com

Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.
2nd Floor, 431
Udyog Vihar, Phase III
122016 Gurgaon (Haryana) - India
Tel.: +91 124 420 6491-5
Fax: +91 124 420 6493
e-mail: india@ingeteam.com

Ingeteam Sp. z o.o.
Ul. Koszykowa 60/62 m 39
00-673 Warszawa - Polonia
Tel.: +48 22 821 9930
Fax: +48 22 821 9931
e-mail: polska@ingeteam.com

Ingeteam Australia Pty Ltd.
iAccelerate Centre, Building 239
Innovation Campus, Squires Way
North Wollongong, NSW 2500 - Australia
Tel.: +61 429 111 190
e-mail: australia@ingeteam.com

Ingeteam Panama S.A.
Av. Manuel Espinosa Batista,
Ed. Torre Internacional
Business Center, Apto./Local 407
Urb.C45 Bella Vista
Bella Vista - Panamá
Tel.: +50 761 329 467

Ingeteam Service S.R.L.
Bucuresti, Sector 2,
Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7
Cladirea Hermes Business
Campus 1, Birou 236, Etaj 2
Rumania
Tel.: +40 728 993 202

Ingeteam Philippines Inc.
Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.
Amorsolo St. corner Rufino St.
1230 Makati
Gran Manila - Filipinas
Tel.: +63 0917 677 6039

Ingeteam Power Technology, S.A.
Level 1, Al Bateen Tower C6 Bainunah
ADIB Building, Street 34
PO BOX 30010 - Abu Dhabi
Emiratos Árabes Unidos
Tel.: +971 50 125 8244

Ingeteam Vietnam Ltd.
Spaces - 28A Tran Hung Dao Street
Phan Chu Trinh Ward
Hoan Kiem District
Ha Noi City - Vietnam
Tel.: +84 24 71014057
e-mail: vietnam@ingeteam.com

Ingeteam Uruguay, S.A.
Avenida 18 de Julio, 1474, Piso 12
11200, Montevideo - Uruguay
Tel.: +598 934 92064

ANEXO IV DIAGRAMAS DE GANTT

