



Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Trabajo de Fin de Grado

# **Estudio de Comunidad Energética en Edificios**

Alumno: Aritz José Padrones Bacallado

Tutor: Jose Francisco Gómez González

Julio 2023



## Agradecimientos

*A mi familia, mi pareja y amigos por acompañarme, ayudarme y animarme en todo este proceso, estoy seguro que sin ellos, no hubiera sido posible.*

*A mis compañeros de clase con los que he compartido grandes momentos y experiencias a lo largo de estos años.*

*A mi tutor por su ayuda incansable.*

*A todos los profesores que me han impartido clase a lo largo de la carrera, gran labor profesional, pero aún mayor personal.*

*A la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna por estar siempre a la altura de las circunstancias y brindarnos el mayor de los apoyos.*

*Dar una mención especial a mi madre, por ser un gran ejemplo de superación y demostrarme que con esfuerzo todo es posible.*





# Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Tablas y Gráficos.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Antecedentes.....</b>	<b>10</b>
1.1. Motivaciones.....	11
1.2. Finalidad y objetivos del trabajo.....	11
<b>2. Introducción Teórica.....</b>	<b>12</b>
2.1. Comunidad Energética.....	12
2.1.1. Definición.....	12
2.1.2. Comunidad Energética Local.....	12
2.1.3. Marco jurídico de las comunidades energéticas en España.....	13
2.1.4. Participación ciudadana.....	14
2.1.5. Incentivación de activos para comunidades energéticas en España.....	15
2.1.6. Beneficios ambientales de las comunidades energéticas.....	16
2.1.7. Comunidades Energéticas en Europa.....	17
2.1.7.1. Comunidad energética de Freiburg (Alemania).....	17
2.1.7.2. Comunidad energética Courlans (Francia).....	17
2.1.7.3. Comunidad Energética Brixton (Reino Unido).....	18
2.1.7.4. Comunidad Energética Crevillent (España).....	19
2.2. Autoconsumo en España.....	19
2.2.1. Modalidades de Autoconsumo en España.....	20
2.2.2. Autoconsumo Colectivo.....	21
2.2.2.1. Instalaciones colectivas con conexión en red interior.....	24
2.2.2.2. Instalaciones colectivas con conexión a través de red.....	24
2.2.3. Autoconsumo colectivo con excedentes y con compensación, a través de red con al menos un consumidor conectado en red interior.....	25
2.2.4. Autoconsumo colectivo con excedentes conectada a través de red y acogida a compensación.....	26
2.3. Energía solar fotovoltaica.....	27
2.3.1. Módulos fotovoltaicos.....	27
2.3.1.1. Paneles solares monocristalinos.....	28
2.3.1.2. Paneles solares policristalinos.....	29
2.3.1.3. Paneles solares de capa fina.....	29
2.3.2. Inversor.....	30
2.3.2.1. Inversores en cadena.....	30
2.3.2.2. Inversores centrales.....	30

2.3.2.3. Microinversores.....	31
2.3.3. Sistema de almacenamiento.....	31
2.3.4. Equipos de medida.....	31
2.3.5. Parámetros solares.....	32
<b>3. Caso práctico de estudio.....</b>	<b>33</b>
3.1. Información general.....	33
3.1.1. Situación y emplazamiento.....	33
3.1.2. Previsión de potencia y consumo.....	35
3.1.2.1. Perfil de demanda del Edificio de Viviendas Timanfaya.....	35
3.1.2.2. Perfil de demanda de la Escuela de Idiomas.....	39
3.1.3. Estudio de la radiación solar.....	42
3.1.4. Información general y dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas.....	43
3.1.4.1. Edificio de Viviendas Timanfaya.....	44
3.1.4.2. Escuela Oficial de Idiomas de la Orotava.....	47
3.1.5. Equipos de la instalación fotovoltaica.....	51
3.1.5.1. Generadores Fotovoltaicos.....	51
3.1.5.2. Inversor fotovoltaico.....	51
3.1.5.3. Gestión de la energía.....	52
3.1.5.4. Batería.....	53
3.1.6. Coste de la energía.....	54
3.1.6.1. Compensación con excedentes.....	56
3.2. Caso de Estudio.....	56
<b>4. Coste Fotovoltaico.....</b>	<b>65</b>
<b>5. Estudio de Viabilidad.....</b>	<b>66</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>70</b>
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

## Resumen

La energía eléctrica, siendo uno de los recursos fundamentales sobre los que se ha construido la sociedad como la conocemos hoy en día, pasa por una grave problemática. A pesar de haber numerosos métodos para la obtención de energía eléctrica, los combustibles fósiles siguen colmando la mayor parte de los métodos para la obtención de esta.

La reciente pandemia COVID-19, ha demostrado que el sistema tal y como lo conocemos es muy endeble, los combustibles fósiles tienen un horizonte cada vez más próximo, además continuando por este camino se pondrá en un serio compromiso el planeta como tal, afectando a la propia humanidad.

Es aquí donde entra la implementación de nuevas tecnologías que puedan alimentar el sistema energético, aumentando el uso y promoviendo y mejorando la obtención de energías renovables.

A partir de estos ideales de consumo de energías renovables surgen las comunidades energéticas, como idea de beneficio colectivo de diferentes instalaciones de generación y explotación de recursos provocados por generación eléctrica o térmica sostenible.

En el presente trabajo se ha desarrollado una introducción teórica sobre las comunidades energéticas, introduciendo estas mediante el uso de energías renovables en forma de instalación fotovoltaica. Esta instalación fotovoltaica está compuesta por dos edificios compuestos por 232 y 242 paneles, con una potencia total instalada de 192,78 kW.

## Abstract

Electric power, being one of the fundamental resources on which society as we know it today has been built, is experiencing serious problems. Despite having numerous methods to obtain electrical energy, fossil fuels continue to fill most of the methods for obtaining it.

The recent COVID-19 pandemic has shown that the system as we know it is very weak, fossil fuels have an increasingly near horizon, furthermore, continuing on this path will seriously compromise the planet as such, affecting humanity itself.

This is where the implementation of new technologies that can feed the energy system appears, increasing the use and promoting and improving the production of renewable energy.

From these ideals of renewable energy consumption, energy communities emerge, as an idea of collective benefit of different generation facilities and exploitation of resources caused by sustainable electrical or thermal generation.

In the present work, a theoretical introduction on energy communities has been developed, introducing these through the use of renewable energies in the form of a photovoltaic installation. This photovoltaic installation is made up of two buildings made up of 232 and 242 panels, with a total installed power of 192,78 kW.

# Índice de Figuras

Figura 1: Comunidad Energética de Freiburg, Alemania.	19
Figura 2: Comunidad Energética de Courlans, Francia.	20
Figura 3: Comunidad Energética de Brixton, Reino Unido.	20
Figura 4: Comunidad Energética de Crevillent, España.	21
Figura 5: Modelo de conexión en red interior.	26
Figura 6: Conexión a través de red de distribución con varias instalaciones generadoras.	27
Figura 7: Autoconsumo colectivo a través de red acogido a compensación.	28
Figura 8: Autoconsumo colectivo a través de la red acogido a compensación.	29
Figura 9: Diferentes tipos de paneles solares.	31
Figura 13: Trayectoria solar de La Orotava. ()	45
Figura 14: Distribución de los tejados.	46
Figura 15: Distribución real de las placas solares en el tejado.	49
Figura 16: Distribución de los tejados.	49
Figura 17: Distribución real de las placas solares en el tejado.	52
Figura 18: Módulo fotovoltaico Longi Solar LR4-66HPH-405M de la marca Longi Solar.	53
Figura 19: Inversor Sunny Tripower Core2 STP 110-60 de la marca SMA.	54
Figura 20: SMA Data Manager M.	54
Figura 21: Sistema de almacenamiento de energía para la Escuela.	55
Figura 22: Sistema de almacenamiento para el edificio de viviendas.	56
Figura 23: Períodos de término de energía en la tarifa 2.0.	57
Figura 24: Conexión del autoconsumo colectivo.	59
Figura 25: Esquema unifilar básico de la instalación fotovoltaica conectado a la red.	60

## Índice de Tablas y Gráficos

Tabla 1: Consumo mensual de una vivienda.	39
Tabla 2: Consumo mensual de la Escuela de Idiomas.	42
Tabla 3: Información general de las cubiertas.	45
Tabla 4: Tabla resumen de la instalación fotovoltaica del edificio.	46
Tabla 5: Generación de energía de la instalación fotovoltaica del edificio de viviendas.	47
Tabla 6: Tabla resumen de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.	49
Tabla 7: Generación de energía de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.	50
Tabla 8: Tarifa 2.0 TD Endesa en Canarias.	56
Tabla 9: Coste anual de la energía eléctrica.	57
Tabla 10: Datos de Autoconsumo de la Escuela de Idiomas.	60
Tabla 11: Datos de Autoconsumo del Edificio de Viviendas.	62
Tabla 12: Compensación por excedentes de cada edificio.	65
Tabla 13: Compensación de los excedentes de forma equitativa.	65
Tabla 14: Coste fotovoltaico del Edificio de Viviendas.	66
Tabla 15: Coste fotovoltaico del Edificio de Viviendas.	67
Tabla 16: Inversión total de cada instalación.	67
Gráfico 1: Consumo mensual de una vivienda.	39
Gráfico 2: Curva de Carga de una vivienda.	40
Gráfico 3: Consumo mensual de la Escuela de Idiomas.	42
Gráfico 4: Curva de Carga de la Escuela de Idiomas.	43
Gráfico 5: Rendimiento energético de la instalación fotovoltaica del edificio de viviendas.	48
Gráfica 6: Rendimiento energético de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.	51
Gráfico 7: Balance Energético de la Escuela de Idiomas.	61
Gráfico 8: Compensación por excedentes de la Escuela de Idiomas.	61
Gráfico 9: Balance Energético del Edificio de Viviendas.	63
Gráfico 10: Compensación por excedentes del Edificio de Viviendas.	63
Gráfico 11: Porcentaje de compensación de excedentes de cada edificio.	65
Gráfico 12: Comparación de los costes de energía acumulados en el Edificio de Viviendas.	68
Gráfico 13: Ahorro efectivo en el Edificio de Viviendas.	68
Gráfico 14: Comparación de los costes de energía acumulados en la Escuela de Idiomas.	69
Gráfico 15: Ahorro efectivo en la Escuela de Idiomas.	69

# 1. Antecedentes

El horizonte energético y climático es un tema que se encuentra a la orden del día, tanto es así que el futuro energético evoluciona de manera constante debido al cambio climático y a la escasez de recursos. A partir de este contexto, las comunidades energéticas surgen como una solución innovadora a la par de prometedora para abordar estos problemas, además de dar un giro a nuestra forma de producir y consumir energía.

El concepto de comunidad energética lo definimos como un conjunto de personas, hogares, empresas y organizaciones unidas para generar, compartir y gestionar su propia energía de forma sostenible y local. Las comunidades aprovechan distintos métodos de obtención de energías renovables, así como, la energía eólica, solar o hidroeléctrica, con un objetivo muy marcado, que no es otro que reducir la dependencia de combustibles fósiles y fomentar la transición a un sistema menos centralizado y más limpio energéticamente hablando.

En este proyecto, centraremos ejemplos en los que buscamos empoderar a las comunidades energéticas locales, permitiendo a estas tomar el mando en el control de sus suministros energéticos, además de promover la participación activa de sus miembros.

Este nuevo sistema posee grandes ventajas, desde reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la utilización de fuentes renovables, hasta fomentar el empleo local o mejorar la eficiencia energética, reduciendo la vulnerabilidad energética frente a posibles cortes de suministro.

A lo largo de este proyecto, trabajaremos estrechamente con las comunidades energéticas locales poniendo ejemplos de como diseñar y poner en marcha soluciones energéticas adaptadas a sus necesidades específicas. Esto implica el desarrollo de infraestructuras energéticas descentralizadas, implementación de modelos de gestión participativa, además de promover entre la comunidad una serie de aspectos relacionados con la energía sostenible.

## **1.1. Motivaciones**

La búsqueda de nuevas formas de producir energía buscando la reducción de emisiones y cuidado del medio ambiente, unido a investigar nuevos métodos para abaratar costes en el consumo eléctrico me ha movido a realizar un modelo de comunidad energética adaptado a un sistema muy común uniendo un edificio y un instituto.

## **1.2. Finalidad y objetivos del trabajo**

Este trabajo tiene como objetivo indagar e investigar en el concepto de Comunidad Energética, su divulgación y un ejemplo práctico en su marco legislativo a nivel español y europeo. Además de su reconocimiento a nivel continental, así como diferentes formas de financiación y promoción, que se están utilizando para impulsar su utilización. La gestión y distribución de la energía generada será la base en la que se sustentará el proyecto.

Cabe destacar, que aunque en el presente trabajo, se proponen dimensionamientos, disposición de paneles o incluso la energía que podrían producir ellos, no se realiza un diseño detallado de instalaciones fotovoltaicas, es por este motivo que no se hará una explicación detallada ni se entrará en particularidades técnicas sobre esta. Además tampoco se realizará un presupuesto detallado para la instalación fotovoltaica ni eléctrica. Por lo tanto, no se realizará el proyecto como tal ya que no es objeto de este estudio el dimensionamiento y el cálculo eléctrico.



## **2. Introducción Teórica**

### **2.1. Comunidad Energética**

En este apartado, gran parte de la información detallada ha sido extraída del “IDAE”, del documento referido a las Comunidades Energéticas (1), por lo que será referenciado a lo largo de todo este apartado.

#### **2.1.1. Definición**

Se define como comunidad energética a un conjunto de edificaciones, tales como un barrio, una comunidad de vecinos o un polígono industrial, con un fin común, que es beneficiarse colectivamente de las mismas instalaciones de generación u otras medidas similares en torno a dicha comunidad. Esto supone un aprovechamiento de la capacidad de generación eléctrica o térmica, además de una mejora de la eficiencia energética, sin pasar por alto el desarrollo de sistemas de movilidad sostenible. Los propietarios de la misma comunidad energética se pueden beneficiar de forma económica, mientras que como comunidad, estarían obteniendo un beneficio muy grande como social y medioambientalmente. Ya que el objetivo principal de las comunidades energéticas no es otro, sino el social, donde los ciudadanos adopten un papel protagonista. (2)

Las actividades a realizar por las comunidades energéticas son múltiples, entre las que cabe destacar: producir, almacenar, consumir, compartir o vender energía. Estas actividades principalmente tienen una gran importancia en el ahorro económico de las familias, haciendo frente así a la pobreza energética. Evitando la dependencia directa hacia compañías eléctricas. Además de una mayor conservación del medio ambiente, haciendo un aumento del consumo de energías renovables, disminuyendo la energía consumida y siendo redistribuida para un mejor uso e incluso reduciendo el consumo de combustibles fósiles, además de diferentes ventajas sociales, entre las que podemos destacar la creación de empleo local, promover tejidos comunitarios, o reinvertir posibles beneficios mejoras destinadas a la propia comunidad.

#### **2.1.2. Comunidad Energética Local**

Para este trabajo, de forma más concreta estudiaremos una “Comunidad Energética Local”, siendo una nueva medida en el sector social y económico, además del ambiental para el beneficio de la comunidad local. Esta perspectiva no trata de

apartar el papel de las grandes masas empresariales eléctricas en este mercado, más bien trata de incluir a la comunidad, siendo estas labores que permitan incluir a la sociedad en la transición energética más rápida y justa, de forma totalmente legal y además con ciertos fines lucrativos. (3)

Una comunidad energética local no pretende rechazar la posibilidad de participar a las grandes empresas, estas son más que bienvenidas, siempre y cuando sean conocedoras de los objetivos y respeten su papel dentro de la comunidad energética local, dando su protagonismo al ciudadano y el tejido social local. (4)

### **2.1.3. Marco jurídico de las comunidades energéticas en España**

En España, la legislación para comunidades energéticas, se ha basado en diferentes normativas y regulaciones, que buscan promover y facilitar la participación activa de la ciudadanía en la generación y el consumo de energía renovable a nivel local. Estas son algunas de las leyes y regulaciones clave en nuestro país, para el entorno de las comunidades energéticas:

- Ley 24/2013 del Sector Eléctrico: Ley que establece el marco regulador general del sector eléctrico en España. Reconoce el derecho de los consumidores de generar y consumir su propia energía, promoviendo el autoconsumo y la participación de los ciudadanos en la producción de energía renovable. Además, esta ley establece los procedimientos para la conexión a la red eléctrica y la compensación de excedentes de energía producida.(5)
- Real Decreto-ley 15/2018: Este real decreto ha introducido las medidas a seguir para el fomento de diferentes energías renovables, además de la promoción de la eficiencia energética en el territorio español. Contempla diferentes disposiciones para impulsar las comunidades energéticas como la simplificación de trámites en la instalación de instalaciones pequeñas generadoras, o la eliminación del “impuesto del sol”. (6)
- Real Decreto 244/2019: Su fin es regular las condiciones administrativas, técnicas y económicas de autoconsumo de energía eléctrica en España. Ha establecido diferentes requisitos y obligaciones para los consumidores y los productores que busquen generar y consumir su propia energía, incluyendo el tema tratado, los que pertenezcan a comunidades energéticas. (7)
- Real Decreto 900/2015: Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de

fuentes de energía renovable; todo esto mediante el marco de la conexión a la red y el acceso y retribución de instalaciones de comunidades energéticas. (8)

Cabe destacar, que en adición a estas normativas, algunas comunidades autónomas han añadido legislaciones específicas adaptadas a su territorio con el objetivo de fomentar las comunidades energéticas, además de proporcionar incentivos económicos, simplificar trámites administrativos o estableciendo programas de financiamiento y apoyo técnico.

Como otro de los últimos cambios que han introducido en los últimos años han ampliado el radio de aplicación de la comunidad energética, siendo previamente de 500 metros, quedando ampliado actualmente a 2 kilómetros.

Además, el marco de legislación para comunidades energéticas está en continua evolución, por lo que es importante revisar y consultar la legislación vigente y regulaciones específicas en cada comunidad autónoma y en el ámbito nacional de forma regular.

#### **2.1.4. Participación ciudadana**

La participación de la ciudadanía es considerada uno de los aspectos fundamentales cuando hablamos de comunidades energéticas, ya que como hemos mencionado anteriormente, uno de los objetivos principales de estas iniciativas es darles a los ciudadanos un papel importante en el consumo, generación y gestión de la energía, describiremos las formas en las que la ciudadanía participa en las comunidades energéticas:

- **Propiedad y financiación:** Los ciudadanos se pueden convertir en los propietarios de las instalaciones que generarán la energía renovable, tanto con adquirir de forma directa paneles solares o incluso por participar en cooperativas energéticas. Participando económicamente en estos proyectos, pueden obtener beneficios en forma monetaria.
- **Consumo de energía renovable:** Los miembros de una comunidad energética consumen la energía que se ha producido en su misma comunidad. Reduciendo así su dependencia de fuentes de energía no renovables y abasteciéndose de energía limpia.

- Participación en la toma de decisiones: Tendrán mecanismos de autogestión y gobernanza participativa, tomando sus propias decisiones, donde tratarán todos los temas de relevancia de su comunidad energética, tales como el diseño de proyectos, selección de tecnologías o distribución de beneficios.
- Educación y sensibilización: Suelen llevar a cabo actividades de sensibilización donde fomentan la conciencia de la importancia de la eficiencia energética y del uso de las energías renovables. Cuando se incluye a la ciudadanía de esta forma, se suele promover una mayor comprensión de desafíos energéticos y se fomentan cambios de comportamiento hacia la conciencia de tareas más sostenibles.
- Cooperación y trabajo en red: Fomentan la cooperación entre ciudadanos, además de promover la colaboración o el intercambio de recursos y conocimientos. Además se pueden crear redes de comunidades energéticas en las que compartan experiencias y conocimientos, para el apoyo mutuo, incluso plantear proyectos colectivos.

### **2.1.5. Incentivación de activos para comunidades energéticas en España**

En España se han desarrollado diferentes políticas de incentivos dirigidas a desarrollar y fomentar el desarrollo de las comunidades energéticas, estas políticas tienen como objetivo promover la participación ciudadana en el consumo y generación de energías renovables, además de incentivar aún más una transición hacia modelos más sostenibles. Además muchos de los proyectos han sido impulsados, gracias a diferentes políticas y normas que han sido lanzadas desde las Directivas de la Unión Europea, que animan a los estados miembros a que los ciudadanos formen parte de iniciativas como estas, promoviendo diferentes subvenciones, programas de financiación, o incluso subastas y licitaciones. (9)

Uno de los planes más importantes se trata del programa Next Generation, promovido por la Unión Europea como el Plan de Recuperación para Europa. Este paquete pretende reparar los daños provocados por la pandemia. En España se ha destinado un total de 72.700 millones de euros destinados a subvenciones, como podemos observar en el Real Decreto 477/2021, del 29 de junio, destinados a planes de autoconsumo y almacenamiento, producidos por energías renovables. El objetivo del PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima), (10) es que para el 2030 el 74 % de la energía provenga de fuentes renovables.

Entre los aspectos generales que podemos destacar en la política de incentivos asociada a las comunidades energéticas encontramos: Tarifas y precios regulados, bonificaciones y subvenciones, marco legal favorable, acceso a financiamientos o marcos de apoyo técnico y captación.

### **2.1.6. Beneficios ambientales de las comunidades energéticas**

Como ya hemos mencionado, las comunidades energéticas son una alternativa más de todas las que están surgiendo hacia la transición hacia un sistema energético más sostenible, podemos ver algunos de los beneficios ambientales a destacar:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al utilizar principalmente fuentes de energía renovables, estas no emiten dióxido de carbono u otros gases de efecto invernadero durante su generación, reemplazando las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles se contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero.
- Aprovechamiento de recursos locales, las comunidades energéticas se caracterizan por utilizar los recursos energéticos locales y renovables, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles importados, además de su transporte, minimizando la huella de carbono asociada a la generación y distribución de la energía.
- Promoción de la eficiencia energética, fomentan la eficiencia energética al proporcionar una mayor conciencia y educación sobre el consumo responsable de la energía, además la generación de energía de forma local, evita las pérdidas asociadas con el transporte a larga distancia de energía.
- Protección de la biodiversidad y los ecosistemas, promoviendo el uso de energías renovables se colabora con la protección de la biodiversidad y los ecosistemas evitando muchos tipos de contaminación, que se generan a partir de consumir combustibles fósiles.
- Fomento de la resiliencia climática y adaptación, las comunidades energéticas tratan de reducir la dependencia energética sobre fuentes de energía susceptibles a los impactos del cambio climático.
- Estímulo a la investigación y el desarrollo tecnológico: Fomentan la investigación y el desarrollo de tecnologías que sean más limpias a la par de

eficientes. Si crece la demanda local de energías renovables, se impulsa la innovación en tecnologías de explotación de energías renovables, contribuyendo con soluciones mucho más sostenibles como rentables.

### **2.1.7. Comunidades Energéticas en Europa**

Como ya hemos mencionado, las comunidades energéticas están surgiendo como una gran alternativa para llevar a cabo la transición energética. En Europa se han desarrollado numerosos ejemplos que han surgido en diferentes países, a continuación mencionamos algunos de los más destacables (11):

#### **2.1.7.1. Comunidad energética de Freiburg (Alemania)**

Freiburg, un pequeño pueblo ubicado al sur de Alemania, se considera la capital ecológica de Alemania, llegando a generar cuatro veces la energía que consume. Dentro de esta ciudad destaca la comunidad energética desarrollada en el barrio de Schlierberg, proyecto que cuenta con instalación fotovoltaica en 60 viviendas con una capacidad de producción de energía de 445 kWp conectada a la red, consiguiendo cifras muy significativas que llegan a alcanzar 420.000 kWh al año, como ya hemos mencionado cuatro veces la energía que consumen, mostrándose como todo un ejemplo de sostenibilidad. (12)



Figura 1: Comunidad Energética de Freiburg, Alemania.

#### **2.1.7.2. Comunidad energética Courlans (Francia)**

Un gran ejemplo de comunidad energética que se ha ubicado en Courlans, un pequeño pueblo francés. Se trata de una instalación fotovoltaica, instalada en un



centro ecuestre. Fue instalada por el sector privado, pero en la actualidad la poseen y explotan los ciudadanos de su territorio, ha tenido una gran evolución, además de contribuir tanto a la economía local como a diferentes avances como comunidad. La potencia instalada que posee es de 108,3 kWp.



Figura 2: Comunidad Energética de Courlans, Francia.

### 2.1.7.3. Comunidad Energética Brixton (Reino Unido)

Se trata de una iniciativa que coopera energéticamente en la producción de energía mediante módulos fotovoltaicos, se ubica en el área de Brixton, al sur de Londres. En este caso han puesto en marcha diferentes proyectos mediante una organización sin ánimo de lucro, en los que colaboran entre los inversores, que son los propios ciudadanos para crear las diferentes comunidades energéticas entre las diferentes zonas y barrios de la localidad. (13)



Figura 3: Comunidad Energética de Brixton, Reino Unido.



#### 2.1.7.4. Comunidad Energética Crevillent (España)

Se trata de la primera comunidad energética de España. Aprovechando el gran recurso que tiene una localidad como Crevillent (ubicada en Alicante), han desarrollado una Comunidad Energética Local que pretende ser pionera en España. Propone ser un ejemplo para Comunidades Energéticas para municipios y localidades remotas buscando la independencia energética, a partir de instalaciones fotovoltaicas en edificaciones públicas y en los tejados de edificios de viviendas. (14)



Figura 4: Comunidad Energética de Crevillent, España.

## 2.2. Autoconsumo en España

El Autoconsumo de energía en España ha evolucionado de manera drástica en los últimos años, siendo esto una opción que es más viable para ciudadanos y empresas a la hora de generar y consumir su propia energía, idea básica sobre la que se sustenta el autoconsumo, todo esto a través de fuentes de energías renovables instaladas en el propio lugar de consumo.

En España está regulado por el **Real Decreto 244/2019** en el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, regulando las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica que están definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Este Real Decreto es aplicable en instalaciones y sujetos que se encuentren en las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (15)

Hay diferentes maneras de autoconsumo, principalmente basados en que los usuarios generen su propia energía renovable y la puedan utilizar directamente en sus actividades, reduciendo así la dependencia de la red eléctrica y generando ahorros a largo plazo. Se suele llevar a cabo con la instalación de paneles fotovoltaicos en tejados, la utilización de aerogeneradores de pequeña escala o implementando sistemas de cogeneración.

El autoconsumo además de ofrecer beneficios económicos nos puede ofrecer una colaboración con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático, aprovechando fuentes de energía renovables, se evita la generación de contaminantes promoviendo transiciones hacia un modelo energético más sostenible. Es un papel fundamental en las comunidades energéticas, ya que da su papel a los ciudadanos en la generación y consumo de la energía, empleando la utilización eficiente de recursos. (16)

### **2.2.1. Modalidades de Autoconsumo en España**

En España el autoconsumo de energía está separado en diferentes modalidades, cada una de ellas adaptadas a las necesidades del consumidor. Todas estas están en el Real Decreto 244/2019 en el que se establecen las condiciones y requisitos para cada una de estas modalidades, así como los procedimientos administrativos y técnicos para que puedan ser implementados, siendo sus tipos:

- Autoconsumo sin excedentes (Tipo 1): Para esta modalidad, la energía generada en el sistema de autoconsumo se consume directamente en el lugar de producción, sin existir excedentes que se viertan a la red eléctrica. No se hace venta de energía a la red, así que no se percibe ningún tipo de compensación económica por excedentes generados ya que no hay.
- Autoconsumo con excedentes compensados (Tipo 2): Se permite la compensación de los excedentes del sistema generados por la instalación de autoconsumo. Todos estos excedentes generados son devueltos a la red eléctrica y se percibe una compensación económica por ellos, a través de la facturación. Dichas compensaciones se utilizan para cubrir el consumo de energía en periodos en los que la generación de energía es insuficiente, ya sea en las noches o en momentos de producción baja.
- Autoconsumo con excedentes no compensados (Tipo 3): Los excedentes de energía eléctrica son devueltos a la red eléctrica, pero sin percibir

compensación económica por ellos. Se considera la energía sobrada que ha sido vertida a la red como una donación y se destina al consumo de otros usuarios o fines de interés general.

- Autoconsumo colectivo: Dicha modalidad permite a un grupo de consumidores compartir la energía generada por un sistema de autoconsumo, siendo los miembros de este grupo vecinos de un barrio, una comunidad de propietarios, vecinos de un edificio o empresas localizadas en un mismo lugar. Toda esta energía generada es distribuida entre los participantes lo que permite el intercambio y la compensación.

### **2.2.2. Autoconsumo Colectivo**

Actualmente, el modelo de autoconsumo más utilizado en las comunidades energéticas es el autoconsumo colectivo, a partir de este, un grupo de consumidores se une para compartir y aprovechar la energía generada por diferentes instalaciones de generación renovable. Teniendo como objetivo maximizar la eficiencia y el aprovechamiento de energía renovable generada en el entorno cercano, la energía generada por la propia instalación se consume directamente por los miembros del grupo.

En el RD 900/2015 (17) el autoconsumo colectivo fue prohibido, Real Decreto ya derogado. En el RD 15/2018, se consolidó una nueva ley jurídica en donde se contrarrestó el primer real decreto mencionado, permitiendo el autoconsumo colectivo.

Las condiciones y requisitos para el autoconsumo colectivo, se encuentran dispuestas en el Real Decreto 244/2019, que detallan las principales condiciones para el autoconsumo colectivo en España con:

- Agrupación de consumidores: Se requiere que los participantes del autoconsumo colectivo se agrupen de forma voluntaria en una agrupación de consumidores, siempre que sea una figura legalmente reconocida. Estando los participantes localizados en la misma área geográfica o inmuebles próximos unos de otros.
- Instalación de generación compartida: Los participantes deberán compartir la instalación de generación de energía renovable, siendo por ejemplo paneles fotovoltaicos o aerogeneradores. Esta instalación podrá estar en alguna de las

edificaciones de la agrupación de consumidores o en lugares cercanos, siempre y cuando se encuentre en el mismo municipio o en municipios colindantes.

- Límite de potencia: El autoconsumo colectivo estará limitado a una potencia total instalada no superior a 100 kW para instalaciones en baja tensión, y no superiores a 5 MW para instalaciones en media tensión.
- Compensación de excedentes: Los excedentes de energía generados por la instalación compartida pueden ser vertidos de vuelta a la instalación eléctrica, además de ser compensados mediante el mecanismo de compensación simplificada. Los participantes pueden utilizar dichos excedentes reduciendo su consumo en períodos de menor generación.
- Medición y facturación: Es necesario contar con un sistema que pueda medir la energía de forma adecuada, permitiendo registrar la energía consumida y la inyectada a la red. Todas las facturaciones serán dependientes del comercializador de electricidad.
- Cumplimiento normativo: Debe cumplir los requisitos y procedimiento que establezca la norma vigente, además de una comunicación o registro de la instalación ante las autoridades competentes.

A partir de aquí, un sistema de autoconsumo colectivo funciona de forma que, la energía generada es distribuida entre sus participantes de forma proporcional a la energía que consuman, o según el acuerdo al que hayan llegado entre sus participantes. Además ofrece varias ventajas, por ejemplo, no se desperdicia nada de energía, ya que los excedentes de uno de los participantes pueden ser aprovechados por otros que en algún momento tengan niveles de producción inferiores. Además compartiendo los costes de instalación y mantenimiento la rentabilidad económica será mayor que en el caso de que realizaran las instalaciones de forma independiente. Este modelo casa muy bien con el modelo de comunidad energética ya que sus principios son muy similares.

Todos los consumidores que participen en una misma instalación han de estar sujetos a la misma modalidad de autoconsumo y han de transmitir a la empresa distribuidora de forma individual encargada de la lectura, el acuerdo firmado por todos los integrantes en donde disponga los criterios de reparto, acomodados a la necesidad de cada uno de los consumidores. Se reconoce a este acuerdo como acuerdo de reparto de la energía, y en él serán indispensables diferentes informaciones como el código de

Autoconsumo (CAU), además de los consumidores asociados y los coeficientes de reparto de la energía generada.

El anexo I RD 477/2019, propuesto el 6 de abril de 2019, (18) expone los cálculos de energías y potencias dedicados a la facturación y la liquidación para el autoconsumo colectivo. Es en este apartado donde se define como realizar los cálculos del coeficiente de reparto para la energía generada. Cada consumidor de la instalación (i), estará asociado a la instalación de autoconsumo en la que se calculará la energía horaria neta individualizada,  $ENG_{h,i}$ , definida como la energía en la hora h que toca al consumidor i en base a su coeficiente de reparto  $\beta_i$  del total de la energía neta, viene dada por la expresión:

$$ENG_{h,i} = \beta_i \cdot ENG_h \quad \text{Ec. 1}$$

Para el coeficiente de reparto  $\beta_i$  acordado por los consumidores asociados a la instalación de autoconsumo y la suma de los coeficientes de reparto de los consumidores participantes por el autoconsumo colectivo será 1. En el caso de no tener este coeficiente de reparto se calculará mediante la expresión:

$$\beta_i = \frac{Pc_i}{\sum Pc_j} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- $Pc_i$ : Potencia máxima contratada por el consumidor i.
- $\sum Pc_j$ : Suma de las potencias máximas contratadas por los consumidores que participan del autoconsumo colectivo.

El conocimiento del autoconsumo colectivo es de vital importancia en cuanto a las comunidades energéticas se trata, ya que son los que condicionan y limitan su aplicación. Además la legislación vigente especifica que hay dos formas de conectar los sistemas de autoconsumo colectivo: en red interior o a través de red.

### 2.2.2.1. Instalaciones colectivas con conexión en red interior

El sistema está conectado directamente a la red interior a través de líneas directas que unen a los propios consumidores asociados. Pueden ser mediante una Derivación Individual, a la Línea General de Alimentación o mediante un circuito dispuesto detrás del contador de suministro. Mediante esta tipología, las instalaciones

de autoconsumo pueden ser cualquiera de las definidas en el artículo 4 del RD 244/2019.

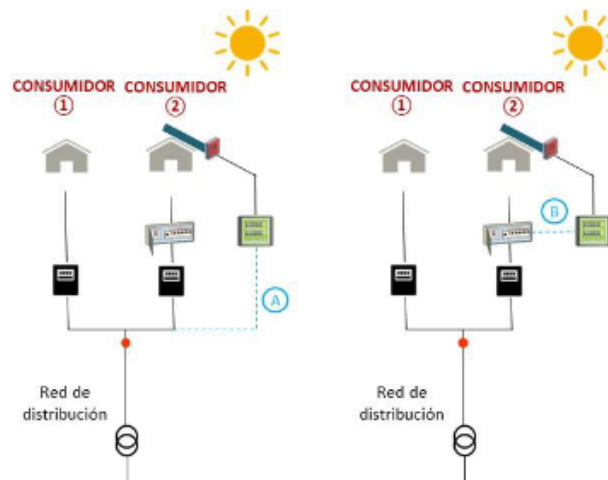


Figura 5: Modelo de conexión en red interior.

En redes de autoconsumo con conexión en red interior se tendrá que disponer de contadores bidireccional de generación neta, además cada consumidor asociado tendrá que disponer de un contador propio que registrará la energía que llega a cada consumidor. Siendo el caso de estar acogido a la modalidad sin excedentes, la instalación dispondrá de un sistema anti-vertido que impida la inyección de energía a la red.

#### 2.2.2.2. Instalaciones colectivas con conexión a través de red

Sistema de generación está conectado a la red de distribución de Baja Tensión general, la que está más próxima a los participantes de la instalación colectiva, al igual que en el caso anterior se instalará un contador bidireccional para poder contabilizar tanto la producción como el consumo de la energía fotovoltaica. Mediante este sistema no será posible acogerse a ningún tipo de compensación simplificada por excedentes, únicamente a la modalidad de excedentes sin compensación.



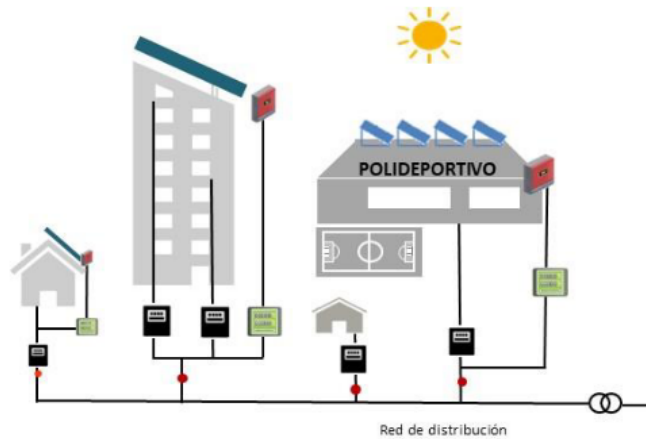


Figura 6: Conexión a través de red de distribución con varias instalaciones generadoras.

### **2.2.3. Autoconsumo colectivo con excedentes y con compensación, a través de red con al menos un consumidor conectado en red interior.**

Esta configuración será la seleccionada para el ejemplo que mostraremos en este proyecto. Para ella existen una serie de consumidores asociados que están conectados a la instalación a través de la red de distribución. Sin embargo, la instalación generadora está conectada a la red interior, como mínimo, uno de los consumidores que están asociados.

Siendo una modalidad con excedentes, existen dos actores principales: productores y consumidores, pudiendo ser sujetos físicos o jurídicos diferentes. La instalación de autoconsumo, debe disponer de un contador bidireccional para generación neta, teniendo que disponer cada uno de estos consumidores asociados de un contador de suministro, que podrá registrar la medición de la energía que llega a cada consumidor. Siendo un autoconsumo colectivo, los consumidores asociados deberán realizar un acuerdo en el que el coeficiente  $\beta$  que corresponde para cada uno de los consumidores, acuerdo que siempre debe ser comunicado a la distribuidora.

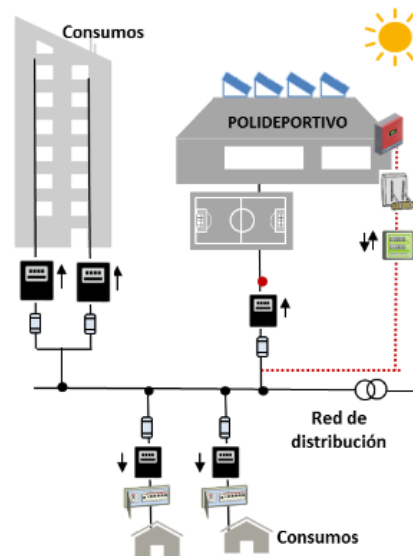


Figura 7: Autoconsumo colectivo a través de red acogido a compensación.

Estas configuraciones de autoconsumo colectivo, además de estar acogidas a compensación resultan de gran utilidad para ayuntamientos y entidades públicas como medidas para la lucha contra la pobreza energética. Además se le da utilidad a espacios que pueden ser de utilidad para personas que no disponen de estos o en riesgo de pobreza energética. Además la propia atractiva del autoconsumo de excedentes hace que otros posibles consumidores quieran unirse a la comunidad.

#### 2.2.4. Autoconsumo colectivo con excedentes conectada a través de red y acogida a compensación

Funciona de forma similar que el autoconsumo visto en el apartado anterior, hay varios consumidores juntos conectados a la instalación a través de la red de distribución. La o las instalaciones generadoras se conectan mediante una red interior entre sus contadores, mientras que las instalaciones de enlace que son las consumidoras, van conectadas a la red. Como en el caso anterior la instalación de autoconsumo ha de tener un contador bidireccional de generador neta, teniendo que poseer cada una de los consumidores uno de ellos. De la misma forma, los consumidores deberán tener un criterio de reparto en el que separan la energía consumida donde figuran los coeficientes  $\beta$ .



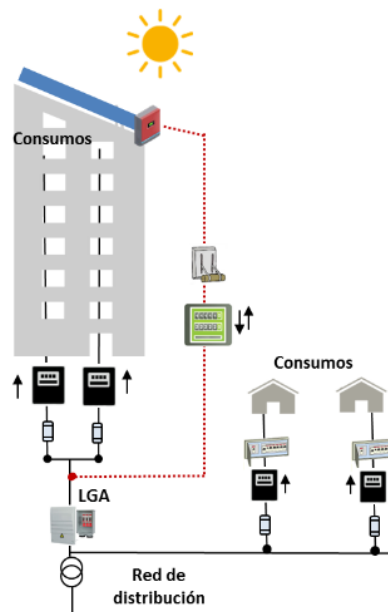


Figura 8: Autoconsumo colectivo a través de la red acogido a compensación.

## 2.3. Energía solar fotovoltaica

La tecnología fotovoltaica, es una forma de aprovechamiento de la radiación solar transformándola en energía eléctrica de forma sostenible y directa. Esta técnica ha sido desarrollada e implementada en todo el mundo para convertir la luz solar en energía renovable y limpia. Como ya sabemos la energía fotovoltaica está basada en el uso de los dispositivos denominados paneles solares, que captan la luz solar y la convierten a través del efecto fotovoltaico, dichas células fotovoltaicas están compuestas principalmente de Silicio, material semiconductor que permite generar electricidad cuando es expuesto a la radiación solar.

El avance de la tecnología fotovoltaica se ha situado en uno de los primeros puestos para la lucha contra la obtención de energía mediante combustibles fósiles, en la lucha contra el cambio climático.

### 2.3.1. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos también conocidos como placas solares, realizan un papel clave en la obtención de energía mediante energías renovables. Están compuestos por dispositivos semiconductores conocidos como células solares, que son

capaces de convertir la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Estas están fabricadas de Silicio, siendo capaces de generar corriente eléctrica cuando son expuestas a la luz solar. Además, su diseño permite captar la mayor cantidad de radiación solar posible convirtiéndola en electricidad. Están compuestas de varias capas, con una frontal que permite que la luz llegue hasta las células solares, y otra posterior que tendrá un efecto reflectante. También poseen otras capas intermedias encargadas de soportar la estructura y proteger la placa contra los fenómenos atmosféricos.

Cada célula solar, dentro de un módulo fotovoltaico tiene una estructura con capas semiconductoras que poseen diferentes características eléctricas. En la capa superior hay impurezas, creando así una carga negativa (Tipo N), mientras que en la inferior estará dopada de forma opuesta creando cargas eléctricas positivas (Tipo P), cuando la luz solar incide en estas células, los electrones del material semiconductor son excitados y generan una corriente eléctrica.

Combinar diferentes células en un solo módulo fotovoltaico permite aumentar la capacidad de energía que se está generando. Estos módulos pueden ir conectados de diferentes maneras, destacamos en serie y en paralelo, obteniendo así la tensión y la corriente deseadas para cada sistema fotovoltaico. Hay diferentes modelos, tamaños y con ello potencias para los módulos fotovoltaicos, dando una alta gama de uso y ofreciendo una gran variedad de actuación.

En la actualidad, hay diferentes tipos de módulos solares, entre los que destacan los fabricados de Silicio.

### **2.3.1.1. Paneles solares monocristalinos**

Los paneles solares monocristalinos utilizan las células solares fabricadas a partir de un solo cristal de Silicio. Estos paneles presentan un aspecto uniforme y oscuro, y destacan además por ofrecer un alto rendimiento convirtiendo luz solar en electricidad. Sus células son creadas mediante un proceso de lingotes de Silicio, crean láminas delgadas con una estructura cristalina y uniforme. Su mayor ventaja, es que al tener esta estructura cristalina, esta presenta una mayor eficiencia en la conversión de la radiación en electricidad, generando más electricidad en condiciones de baja luminosidad y ocupando menos espacio en comparación a otros paneles. Su principal desventaja es su elevado costo en comparación con otros tipos de paneles solares.

### 2.3.1.2. Paneles solares policristalinos

A diferencia de los paneles solares monocristalinos, los paneles policristalinos poseen diferentes células solares que contienen múltiples cristales de silicio. En su fabricación, se funde y vierte el Silicio en un molde creando bloques sólidos que contienen muchos cristales de diferentes tamaños, para más tarde cortarlos en láminas delgadas convirtiéndose en las células solares individuales. Su eficiencia es ligeramente menor, pero siguen siendo una opción fiable debido a su relación entre su eficiencia y su precio.

### 2.3.1.3. Paneles solares de capa fina

Los paneles solares de capa fina funcionan de forma diferente a los cristalinos, utilizan materiales semiconductores depositados en las capas muy delgadas, como vidrio o plástico. Estos no utilizan células solares de silicio cristalino, utilizan otro tipo de materiales semiconductores como el Cadmio (CdTe), el sulfuro de cobre-indio-galio (CIGS) o el diseleniuro de cobre-indio (CIS).

En términos generales estos paneles tienen una eficiencia menor que los paneles solares que poseen cristalizaciones. Son más ligeros en comparación con paneles solares tradicionales, haciéndolos adecuados para aplicaciones que requieran flexibilidad del material. Si bien su eficiencia puede ser menor en comparación con los paneles solares mencionados, sus ventajas a la hora de flexibilidad y peso los hace de gran utilidad para situaciones específicas.

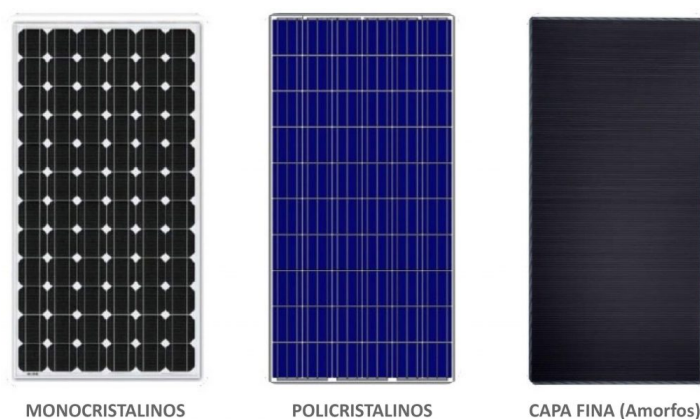


Figura 9: Diferentes tipos de paneles solares.

### **2.3.2. Inversor**

Es uno de los componentes más importantes de una instalación fotovoltaica, es el encargado de transformar la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), que es la forma de electricidad que permite ser consumida en la red eléctrica. Su función principal en la instalación no será otra que maximizar la eficiencia y la utilidad de la energía solar generada. Tienen dos funciones principalmente: Convierten la corriente continua generada por los paneles solares en energía alterna para poder explotarla y controlan la inyección de energía a la red eléctrica.

Además de ello, el inversor es uno de los encargados principales de la supervisión y el monitoreo del rendimiento en la instalación, ya que hoy en día la mayoría de los inversores tienen la capacidad de monitoreo en tiempo real, lo que permite a los propietarios y operadores de la instalación analizar su producción de energía, el rendimiento de sus paneles solares o la detección de problemas.

Existen distintos tipos de inversores:

#### **2.3.2.1. Inversores en cadena**

Son los más comunes y más utilizados en sistemas de paneles solares conectados en serie, la energía es recibida de un conjunto de paneles solares conectados en cadena y la convierten en corriente alterna para poder utilizarla de forma práctica o volver a inyectarla a la red eléctrica. Entre los fabricantes más importantes se encuentran: SMA, Huawei, Sungrow, Kostal, Santerno, Fronius o Ingeteam.

#### **2.3.2.2. Inversores centrales**

Se utilizan para instalaciones que sean de gran escala, que posean una gran cantidad de paneles solares. Son más grandes tanto en tamaño como en potencia que pueden entregar. Las cadenas se unen en una caja de combinación general que dirige la energía de corriente continua hacia el inversor central, para que sea transformada en corriente alterna. Es de especial utilidad cuando todos los módulos fotovoltaicos están sujetos a condiciones similares en lo que a orientación e inclinación se refiere. Suelen ser utilizados para grandes extensiones como cubiertas en industria o parques solares.

### **2.3.2.3. Microinversores**

Son inversores en los que su principal diferencia con respecto a los inversores tradicionales es que estos son instalados de forma directa en cada panel solar, en lugar de ser uno centralizado para las cadenas de paneles. Cada microinversor invierte la corriente continua generada por cada panel solar al que le corresponde, de manera individual. Su principal ventaja con respecto a los inversores comunes reside en que permiten un mayor control y eficiencia en la generación de energía, funcionando cada panel de forma independiente.

### **2.3.3. Sistema de almacenamiento**

El sistema de almacenamiento en una instalación fotovoltaica, es un componente adicional que permite almacenar los excesos de energía que pueda producir la instalación, para poder utilizarla posteriormente. Son de gran utilidad para poder guardar toda esta energía cuando la demanda energética es menor que la producción solar, como por ejemplo, en días nublados o en las noches.

Los beneficios más destacables que nos ofrecen los sistemas de almacenamiento de una instalación fotovoltaica son: El uso de energía solar durante la noche o en momentos de baja producción, mayor independencia de la red eléctrica y posibilidad de funcionar con una mayor autonomía, mayor estabilidad y fiabilidad del suministro de energía o la capacidad de darle un aprovechamiento máximo a la energía generada por los paneles solares, reduciendo la necesidad de recurrir a la red eléctrica para poder maximizar el autoconsumo.

Existen diferentes tipos de almacenamiento de energía entre los que destacamos: las baterías de plomo-ácido, las baterías de iones de litio, sistemas de almacenamiento térmico y el hidrógeno.

### **2.3.4. Equipos de medida**

Los equipos de medida utilizados en una instalación fotovoltaica son utilizados para monitorear y controlar el rendimiento del sistema. Estos son fundamentales para poder asegurarse que la instalación está funcionando de manera óptima y eficientemente. Los equipos de medida utilizados de forma más común en instalaciones fotovoltaicas son: Los medidores de energía, medidores de corriente, medidores de voltaje, medidores de irradiación solar, analizadores de la calidad de la

energía y sistemas de adquisición de datos. La elección de unos u otros dependerá sobretodo de las necesidades específicas de la propia instalación o del nivel de monitorización deseado.

### 2.3.5. Parámetros solares

Es importante considerar diferentes datos fundamentales para el estudio de la energía solar, para poder adquirir la cantidad de energía solar útil. Todos ellos afectarán al rendimiento y a la eficiencia del sistema. Podemos destacar:

- **Ángulo de inclinación:** Inclinación que presentan los paneles con respecto a la horizontal. No hay un ángulo de inclinación óptimo predeterminado ya que depende de la localización geográfica y de la estación del año, ya que siempre se irá en busca de que la captación de la radiación solar incidente sea la mayor posible.
- **Orientación:** Dirección en la que se instalan los paneles solares, también depende en gran medida de la ubicación geográfica y va en búsqueda de maximizar la exposición a la radiación solar, tanto es así, que en el hemisferio norte la orientación óptima es hacia el sur, mientras que en el hemisferio sur la orientación óptima es hacia el norte.
- **Sombreamiento:** Es la presencia de sombras cubriendo los paneles solares. Incluyendo que una pequeña sombra puede bajar el rendimiento significativamente en una instalación fotovoltaica. Siempre hay que realizar un análisis de sombreamiento a la hora de hacer las simulaciones.
- **Irradiación solar:** Es la cantidad de radiación solar que incide durante un tiempo específico en un área determinada, es medida en unidades de energía por metro cuadrado y gracias a este parámetro podemos determinar la cantidad de energía que se puede generar en una instalación fotovoltaica.

## 3. Caso práctico de estudio

Una vez se ha expuesto todo lo necesario para poder conformar una comunidad energética en el aspecto teórico, se introduce este ejemplo aplicado a una comunidad energética creada a través de un edificio y una escuela de idiomas, que se sitúan próximas con expectativas futuras de poder ampliarse con los distintos edificios e industrias que se encuentran en la zona. Crearemos un modelo de comunidad energética para que ambos edificios tengan su propia instalación fotovoltaica y compartan así la energía eléctrica generada, según la demanda de los miembros. Para este apartado desarrollaremos los posibles casos prácticos que estudiaremos en un caso real. Para apoyarnos en gran parte de los cálculos mostrados en este apartado utilizaremos el software de diseño de instalaciones fotovoltaicas “Sunny Design”.

### 3.1. Información general

En este proyecto, se implementará la explicada anteriormente Comunidad Energética Local, para lo que se desarrolla la información general sobre esta a continuación.

#### 3.1.1. Situación y emplazamiento

La comunidad energética a introducir está propuesta de manera muy reducida en un barrio residencial entre un edificio de viviendas, y un edificio que corresponde a una escuela de idiomas, pudiendo evaluar así dos perfiles diferentes. Este estudio es de especial interés ya que son los dos modelos básicos en los que introducir instalaciones fotovoltaicas, así que son fáciles de replicar y adaptar a otro tipo de edificaciones, para en un futuro ser ampliable.

El radio de ampliación que contempla esta comunidad energética es de 500 metros al tratarse de una comunidad energética basada en el autoconsumo colectivo, ya que es la única manera en la que lo podemos implementar según la legislación vigente.

En este caso la comunidad energética será implantada en una situación real, en edificios ya existentes, más concretamente en la comunidad autónoma de las Islas Canarias, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, el municipio de La Orotava, en el barrio de El Mayorazgo, el edificio será el ubicado en la Avenida Mayorazgo de



Franchy al final de su calle el “Edificio Timanfaya”, mientras que la “Escuela Oficial de Idiomas de La Orotava”, se ubica en la calle situada más al norte, en la calle Juan Ortiz de Zárate, estando muy próximos entre sí, a una distancia de unos 20 metros el uno del otro.



Figura 10: Escuela Oficial de Idiomas de La Orotava.

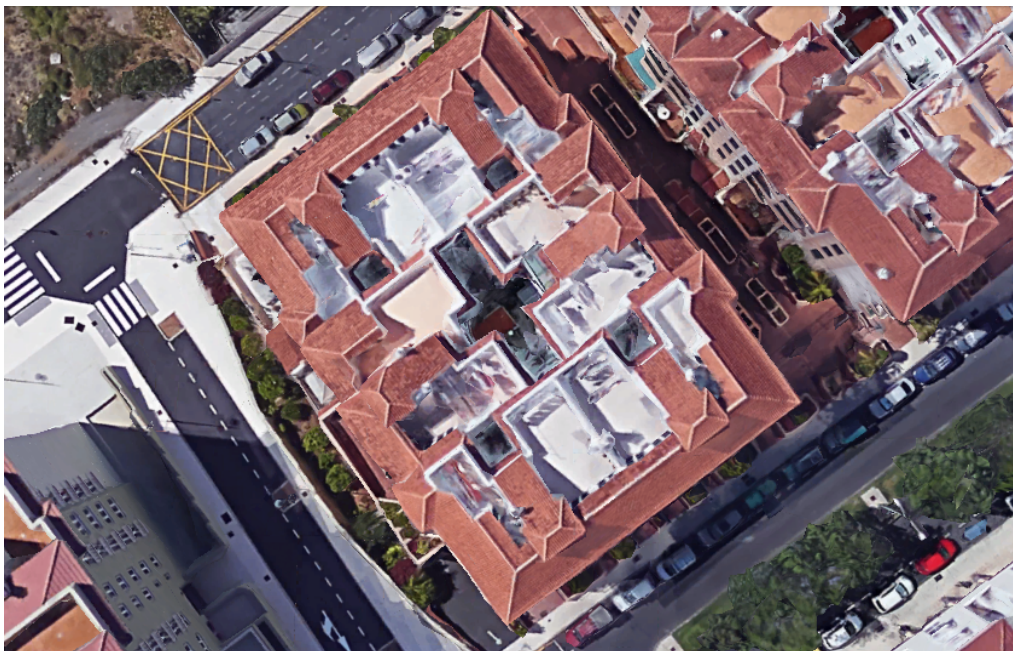


Figura 11: Edificio Timanfaya.



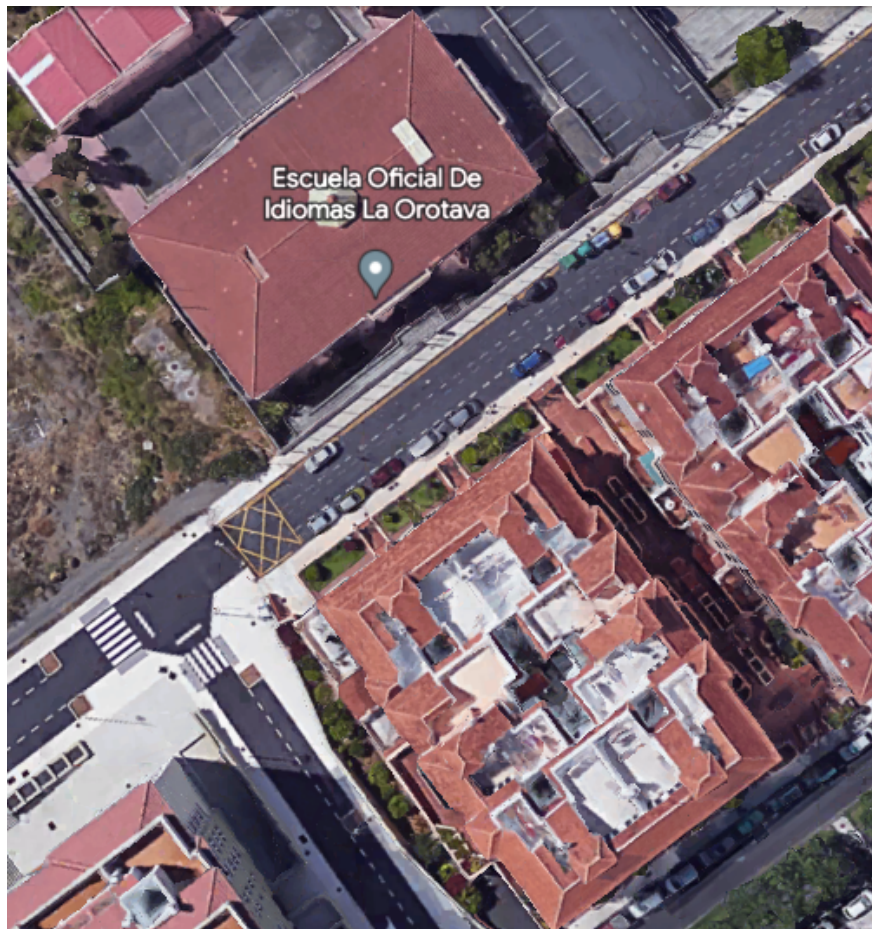


Figura 12: Edificio Timanfaya y Escuela Oficial de Idiomas de la Orotava.

Como podemos ver en la figura 12 los dos edificios están muy próximos entre sí, por lo que este será el planteamiento de la comunidad energética.

### **3.1.2. Previsión de potencia y consumo**

#### **3.1.2.1. Perfil de demanda del Edificio de Viviendas Timanfaya**

El edificio de viviendas Timanfaya es un edificio de viviendas, compuesto por 6 portales con un total de 40 viviendas, 3 locales comerciales, 12 parcelas de azoteas (estimadas como zonas comunes) y un garaje con 40 plazas de aparcamiento. Además de 6 ascensores, uno por portal.

- 40 viviendas: Estimando como viviendas de electrificación básica (superficie menor a 160 m<sup>2</sup>), a partir de la ITC-BT-10, del REBT, planteamos 5750 W a

230 V, para cada vivienda siendo un total de 230 kW, aplicando el coeficiente de simultaneidad para  $n > 21$ :  $15,3 + (n - 21) * 0,5 = 24,8$  la potencia de las viviendas será de: 142,6 kW.

- 3 locales comerciales: 3 locales comerciales, de 60 m<sup>2</sup>, cada uno, atendiendo a que se utilizan 100 W por metro cuadrado, consultado en la ITC-BT-10, del REBT, cada local consume 6 kW, consumiendo entre los tres: 18 kW. Tomamos un coeficiente de simultaneidad de 1.
- Zonas comunes: Las zonas comunes están compuestas por luminarias para los pasillos, además de para las azoteas y varias tomas dispuestas en zonas comunes. La estimación para lo nombrado será de unos 8 W/m<sup>2</sup> para zonas comunes y 4 W/m<sup>2</sup>, para zonas de escaleras, siendo un total en zonas comunes de 600 W, por portal siendo un total de 3600 W, para todo el edificio. Los ascensores que se utilizan son de tipo ITA-1, utilizan una potencia de 4,5 kW, cada uno, siendo una potencia para los ascensores de 27 kW. La potencia total de las zonas comunes, empleando un factor de simultaneidad de 1, es de 31,5 kW.
- Garaje: Contamos con un garaje de 40 plazas, que tiene una superficie de 460 m<sup>2</sup>, no presenta ventilación forzada, por lo que se consideran 10 W/m<sup>2</sup>, consultado en la ITC-BT-10, del REBT, siendo un total de 4,6 kW, se emplea un factor de simultaneidad de 1.

La previsión de cargas total estimada para el edificio será de 196,7 kW.

Para realizar la medición estimada del consumo eléctrico realizado, conocido como el volumen de energía que usas durante un período de tiempo determinado, medido en kWh (kiloVatios hora), utilizando esta unidad de medida a la hora de referenciar los precios.

Según la Red Eléctrica Española (REE), el consumo medio mensual de un hogar en España alcanza los 270 kWh, mostrando un consumo medio al año de 3.272 kWh. Apoyando este dato en otra fuente el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) sitúa la cifra en 3.487 kWh en un informe realizado “Consumos del Sector Residencial en España (2019-2020)” (19). Este consumo vendrá siempre condicionado por diferentes factores como el número de miembros del hogar, las características de la vivienda o incluso el propio estilo de vida de los consumidores.

Para nuestro caso se ha hecho una estimación mensual para cada mes, en base al consumo de una sola vivienda. Se han extraído los datos de una vivienda real de este edificio, y se han normalizado con el valor medio del consumo medio de un hogar en España, el ya mencionado en el párrafo anterior 270 kWh. Arrojando los siguientes resultados:

<b>Mes</b>	<b>Consumo de una vivienda (kWh)</b>
<b>Enero</b>	211,05
<b>Febrero</b>	219,93
<b>Marzo</b>	208,39
<b>Abril</b>	201,38
<b>Mayo</b>	212,44
<b>Junio</b>	207,68
<b>Julio</b>	235,46
<b>Agosto</b>	256,47
<b>Septiembre</b>	208,95
<b>Octubre</b>	202,68
<b>Noviembre</b>	210,07
<b>Diciembre</b>	216,82
<b>Total</b>	2591,32

Tabla 1: Consumo mensual de una vivienda.

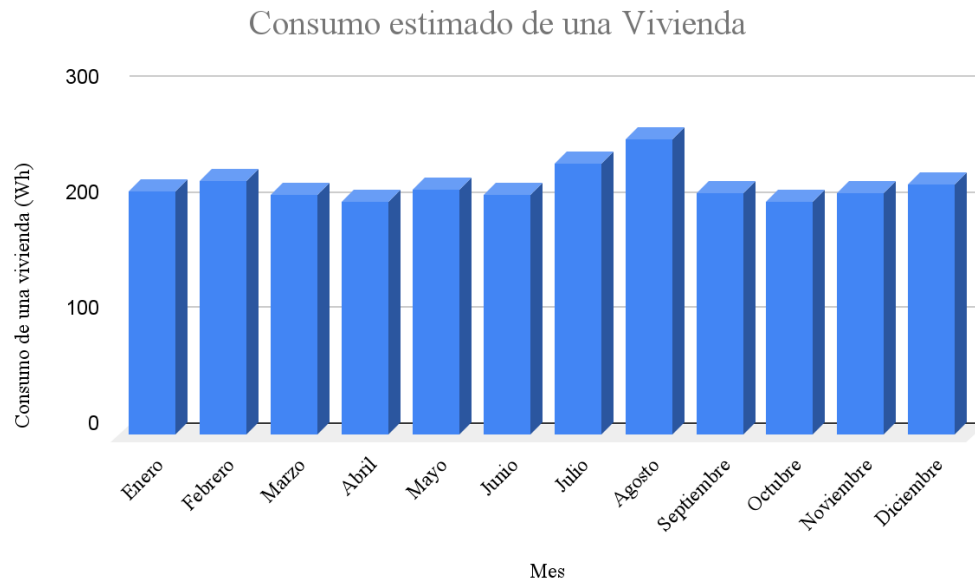


Gráfico 1: Consumo mensual de una vivienda.

Como podemos ver, en los meses de verano el consumo es ligeramente mayor que en los meses de invierno, aunque las principales diferencias que se suelen generar en el consumo eléctrico son debidas a las temperaturas, al estar ubicada la instalación en Canarias, esta problemática no es de una importancia tan grande.

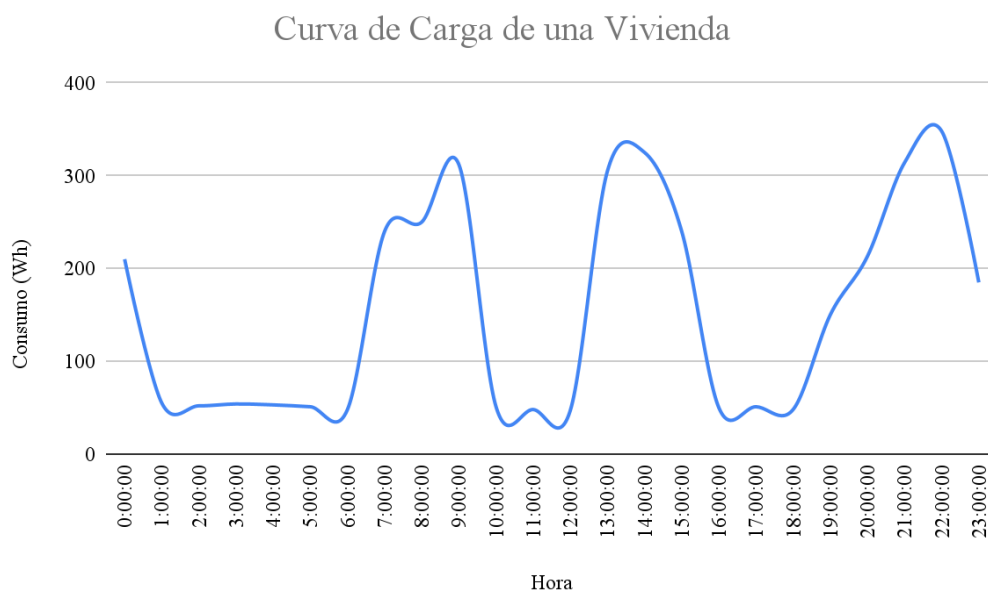


Gráfico 2: Curva de Carga de una vivienda.

Este gráfico muestra que los picos de energía vienen en los momentos del día en los que se hace actividad en el hogar, además hemos observado un consumo mayor en los días de verano, ya que es la época del año en la que se pasa más tiempo en la vivienda, consumiendo una cantidad de electricidad mayor.

### 3.1.2.2. Perfil de demanda de la Escuela de Idiomas

Al no haber una norma para las previsiones de cargas en edificios educativos y en escuelas u otros centros lúdicos realizaremos una estimación de los diferentes usos que puede tener una escuela de idiomas o instituto. Está compuesto por dos plantas, la planta baja, que también corresponde a la entrada tiene una sala de entrada, con su respectiva portería, una sala de profesores, 8 clases, dos baños y una cafetería con su respectiva cocina. Mientras que en el piso de encima hay 8 clases y dos baños, siendo una de las clases un laboratorio. Además teniendo un ascensor y plazas de garaje exteriores, las cuales no contaremos para el perfil de demanda. En este piso, también encontramos una zona destinada a despachos compuesta por 4 despachos en total.

- 16 clases: Clases de un espacio de  $50 \text{ m}^2$ , se estiman 8 pequeñas tomas de fuerza de 16 A por clase, además del alumbrado que corresponde a cada una de estas. El alumbrado que consume cada una de estas clases lo estimamos en 200 W. Estimaremos el consumo de la clase mediante dos métodos, uno de ellos es estimarlo siguiendo la referencia de un local comercial, ya que tendrá un consumo similar; los locales comerciales según estipula el REBT (ITC-BT-10) consideran un mínimo de  $100 \text{ W por m}^2$ , la potencia prevista para cada aula será de un total de 5 kW. Mientras que otra forma que hemos estimado de calcularlo será mediante el uso de dispositivos de forma simultánea conectados en el aula, como mucho, se utiliza un ordenador de sobremesa, un proyector, las luces en ciertos momentos del día y suponiendo un par de cargadores para portátiles u otros dispositivos similares con una potencia de 3 kW, sería suficiente, para satisfacer las necesidades del aula. Siendo la potencia total de todas las aulas de 48 kW.
- Cafetería: Cafetería de  $40 \text{ m}^2$ , según el REBT (ITC-BT-10) se consideran  $100 \text{ W por m}^2$  para locales comerciales, teniendo una potencia de 4 kW.
- Baños: Dos baños por planta lo que genera un total de 4 baños, estimando una potencia de 500 W por baño satisfaciendo las necesidades de potencia de estos de forma holgada, ya que solo será necesario en las tomas de fuerza y sus luminarias, los baños utilizan una potencia de 2 kW.

- Demás estancias: Consideramos las demás estancias de la escuela de idiomas tales como, sala de profesores, secretaría, despachos o la portería con una potencia similar a la de las clases un total de 3 kW. Contando con la sala de profesores, 5 despachos, la secretaría y la portería del centro la potencia destinada para ellos será de 24 kW.

La previsión total de cargas será de 78 kW en total.

Como hemos explicado previamente, además de como escuela de idiomas, el edificio se utiliza como instituto por las mañanas así que estimaremos un consumo diario mayor que si solo fuera instituto o escuela de idiomas, ya que estará en uso en turnos tanto de mañana como de tarde.

Al igual que para el caso anterior, hemos realizado una estimación de los datos, a partir de los consumos de media que poseen este tipo de edificios. Apoyándonos en diferentes datos hemos realizado una estimación del consumo mensual del instituto.

<b>Mes</b>	<b>Consumo del instituto (kWh)</b>
<b>Enero</b>	1.188
<b>Febrero</b>	1.425,6
<b>Marzo</b>	1.300,2
<b>Abril</b>	1.342,1
<b>Mayo</b>	1.239,7
<b>Junio</b>	1.295,3
<b>Julio</b>	1.204,8
<b>Agosto</b>	745,4
<b>Septiembre</b>	965,8
<b>Octubre</b>	1.405,5
<b>Noviembre</b>	1.355,2
<b>Diciembre</b>	1.154,8
<b>Total</b>	<b>14.622,4</b>

Tabla 2: Consumo mensual de la Escuela de Idiomas.

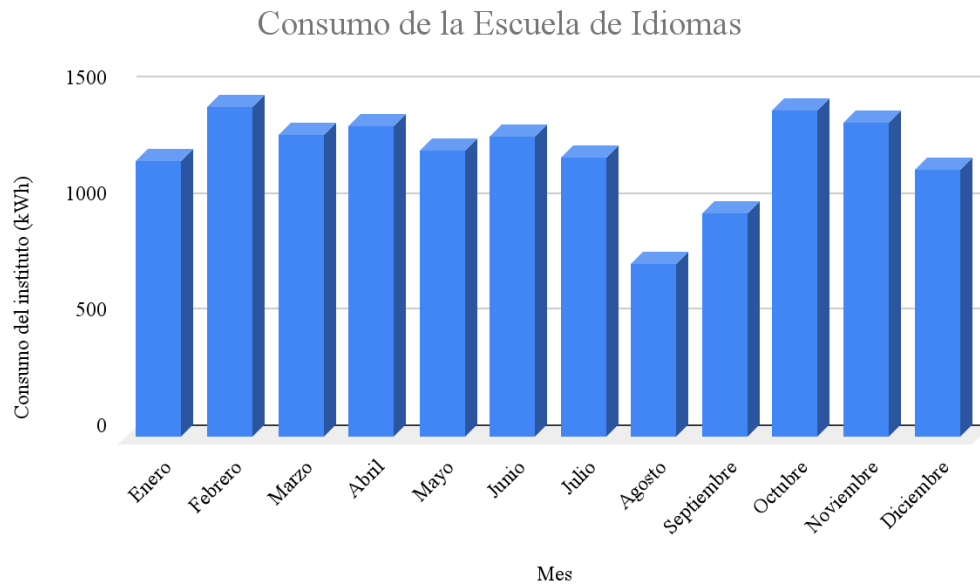


Gráfico 3: Consumo mensual de la Escuela de Idiomas.

El consumo se mantiene de forma similar durante todos los meses, experimenta una bajada en los meses de verano que corresponde con las vacaciones lectivas.

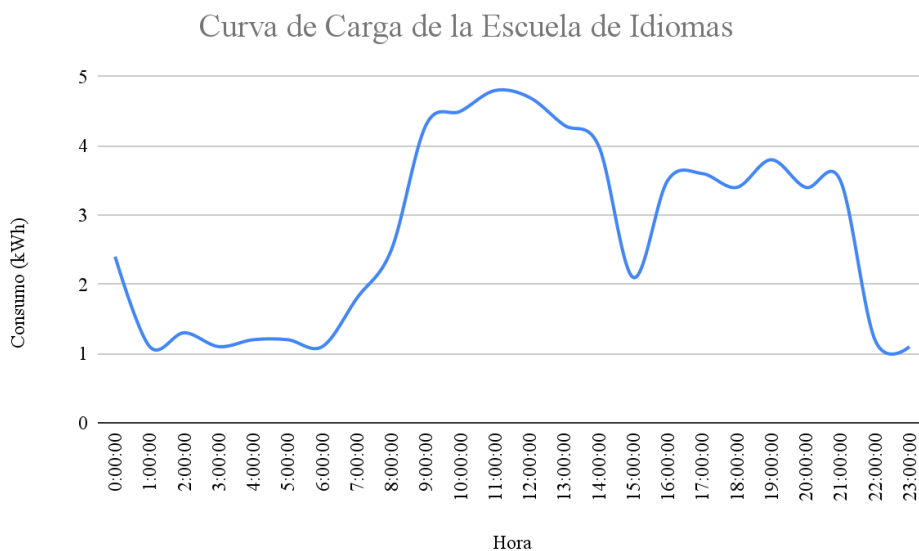


Gráfico 4: Curva de Carga de la Escuela de Idiomas.



Como podemos observar en la curva de carga, durante las horas nocturnas la demanda es muy baja, mientras que coincide un pico grande en el momento de apertura, vuelve a decaer a la hora que acaba la jornada lectiva matutina, mientras que vuelve a experimentar un pico en la tarde correspondiente a las clases impartidas por la sección de la escuela de idiomas.

### 3.1.3. Estudio de la radiación solar

Es muy importante para un funcionamiento que tenga la máxima eficiencia en la instalación fotovoltaica la radiación solar. La comunidad energética está ubicada en la Orotava, donde la radiación solar es generalmente alta por donde está ubicada y su exposición solar. Se estima que la Orotava recibe entre 1800 o 2000 horas de sol al año. Además su temperatura media anual es de unos 17° proporcionando temperaturas muy agradables durante todo el año.

Un aspecto muy importante es la trayectoria del sol, esta es muy importante, ya que así se pueden estudiar las sombras, además de estimar de forma concreta cuando van a producirse.

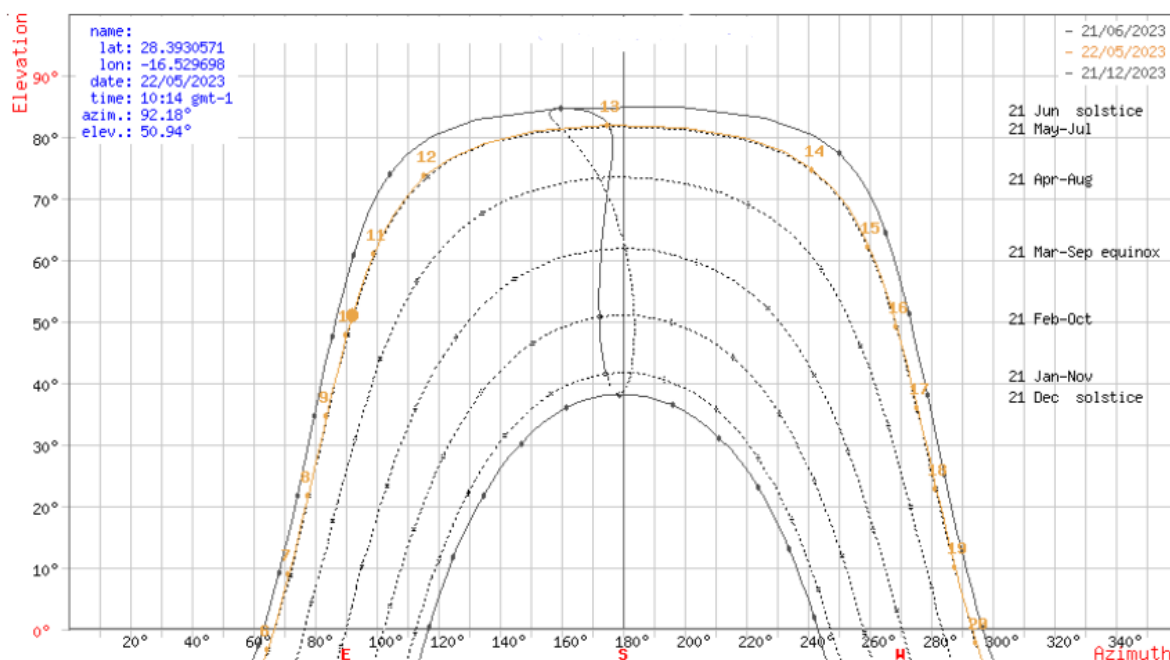


Figura 13: Trayectoria solar de La Orotava. (19)

En este diagrama solar, se pueden observar como las curvas los solsticios del año, es por eso que se juntan por dos meses, estos dos meses coinciden con sus meses opuestos, excepto junio y diciembre que coinciden con los meses en los que el sol está más alto y más bajo respectivamente. En el eje horizontal se ve representado el



Azimut, que para el suroeste es positivo, mientras que para el sureste, negativo. En el eje vertical se representa la elevación, representada como el ángulo solar con respecto a la horizontal, descrito en grados sexagesimales ( $^{\circ}$ ).

### 3.1.4. Información general y dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas.

En la comunidad energética planteada ambos edificios serán generadores además de ser consumidores. La generación de energía será mediante instalaciones fotovoltaicas ubicadas en los tejados de los edificios. Hemos realizado el análisis de sus superficies mediante la tecnología Google Earth.

Edificio	Superficie ( $m^2$ )	Inclinación ( $^{\circ}$ )	Latitud	Longitud	Orientación
Edificio Timanfaya	528	60	28,39290	-16,52958	Noroeste ( $30^{\circ}$ )
Escuela Oficial de Idiomas de La Orotava	1170	30	28,39338	-16,5298	Noroeste ( $30^{\circ}$ )

Tabla 3: Información general de las cubiertas.

#### 3.1.4.1. Edificio de Viviendas Timanfaya

La instalación fotovoltaica del edificio de viviendas estará ubicada en sus tejados, estos poseen una inclinación propia que se ha aprovechado, la inclinación es de  $60^{\circ}$ . Se ha hecho una distinción en forma de 4 tejados, teniendo cada uno, una orientación propia, el tejado 1 hacia el noreste, el tejado 2 hacia el suroeste, el tejado 3 hacia el sureste y por último, el tejado 4 hacia el noroeste, en la figura 14, podemos ver una vista satélite con la distribución de los tejados.

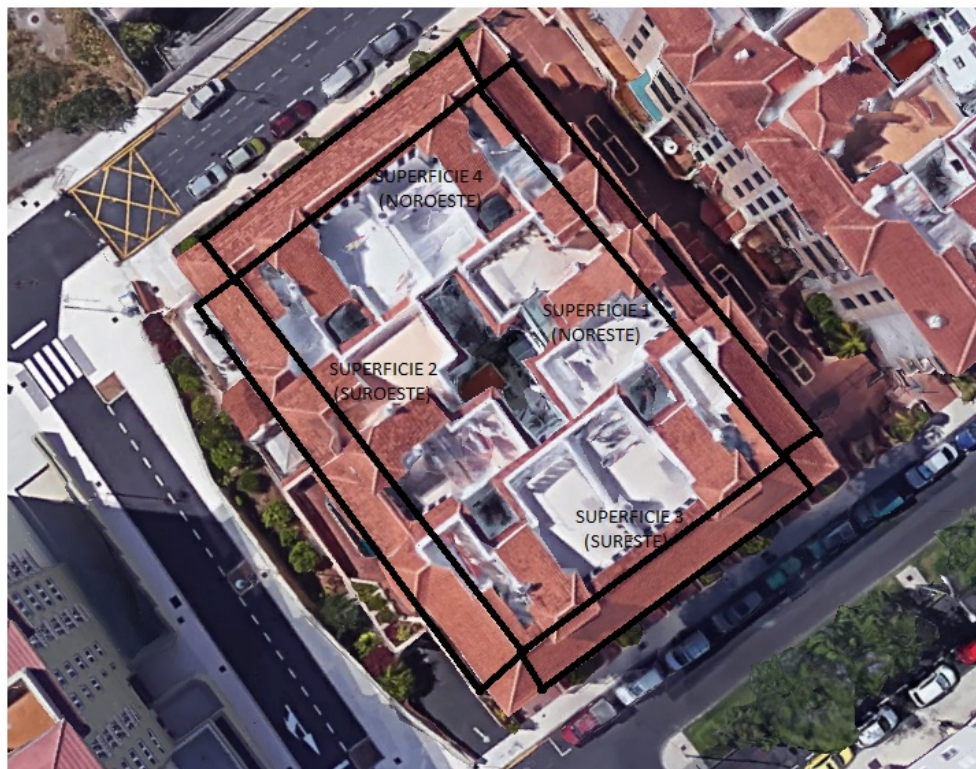


Figura 14: Distribución de los tejados.

Los tejados sobre los que se realizará la instalación están en pendiente, por lo que la instalación de los paneles se realizará coplanar a los tejados. Ya conocida la pendiente, la orientación y la superficie sobre la que se van a instalar los módulos fotovoltaicos, se procede a realizar el dimensionamiento mediante el software ya mencionado Sunny Design.

Se han diferenciado dos tipos de superficies, la 1 y la 2 son superficies iguales, en cada una de ellas se instalan 62 módulos, cada tejado tendrá una potencia de 25,11 kWp. De la misma manera las superficies 3 y 4, también son iguales y en cada una de ellas se van a instalar 54 módulos. Resultando una instalación con un total de 232 paneles de 405 Wp cada uno, lo que conforma una potencia pico total de 93,96 kWp. Se ha tomado un inversor con una potencia de 110 kW, por lo que la potencia nominal del sistema será de 93,96 kW al no superar la potencia de las placas a la del inversor.

<b>Superficie</b>	<b>Orientación</b>	<b>Inclinación</b>	<b>Nº de Módulos</b>	<b>Potencia Pico (kWp)</b>
<b>Tejado 1</b>	Noreste	60°	62	25,11
<b>Tejado 2</b>	Suroeste	60°	62	25,11
<b>Tejado 3</b>	Sureste	60°	54	21,87
<b>Tejado 4</b>	Noroeste	60°	54	21,87
<b>Total</b>			<b>232</b>	<b>93,96</b>

Tabla 4: Tabla resumen de la instalación fotovoltaica del edificio.

Realizando la simulación en Sunny Design, nos arroja el resultado de que la instalación generaría 143 MWh.

<b>Mes</b>	<b>Generación del Edificio (kWh)</b>
<b>Enero</b>	8.067
<b>Febrero</b>	8.463
<b>Marzo</b>	11.558
<b>Abril</b>	13.432
<b>Mayo</b>	15.740
<b>Junio</b>	16.006
<b>Julio</b>	16.772
<b>Agosto</b>	15.037
<b>Septiembre</b>	12.223
<b>Octubre</b>	10.351
<b>Noviembre</b>	8.070
<b>Diciembre</b>	7.153
<b>Total</b>	<b>142.872</b>

Tabla 5: Generación de energía de la instalación fotovoltaica del edificio de viviendas.

Gráfico 5: Rendimiento energético de la instalación fotovoltaica del edificio de viviendas.

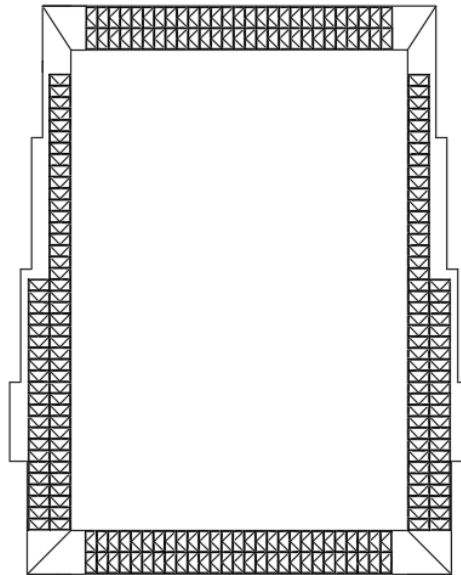


Figura 15: Distribución real de las placas solares en el tejado.

### 3.1.4.2. Escuela Oficial de Idiomas de la Orotava

De la misma manera que para el edificio de viviendas en el caso de la escuela de idiomas la instalación fotovoltaica está ubicada en el tejado del edificio, para este caso ha sido separado en dos superficies, la superficie 1, con orientación Sureste y la superficie 2 que tiene orientación noroeste. En la figura 16 tenemos una vista satélite en la que podemos distinguirlos de forma gráfica.



Figura 16: Distribución de los tejados.

Ambos tejados poseen pendiente por lo que la instalación será coplanar de la misma forma que en el apartado anterior, esta inclinación será de 30°, por lo que con estos datos se realiza la simulación en Sunny Design.

Ambas superficies son iguales, pero en orientaciones opuestas por lo que en cada uno de los tejados se instalan 122 módulos fotovoltaicos, de 405 Wp, dando 49,41 kWp, para todo el edificio la instalación tiene una potencia de 98,82 kWp. Se utiliza un inversor de 110 kW, por lo que la potencia nominal de la instalación será la de las placas solares 98,82 kW.

<b>Superficie</b>	<b>Orientación</b>	<b>Inclinación</b>	<b>Nº de Módulos</b>	<b>Potencia Pico (kWp)</b>
<b>Tejado 1</b>	Sureste	30°	122	49,41
<b>Tejado 2</b>	Noroeste	30°	122	49,41
<b>Total</b>			<b>244</b>	<b>98,82</b>

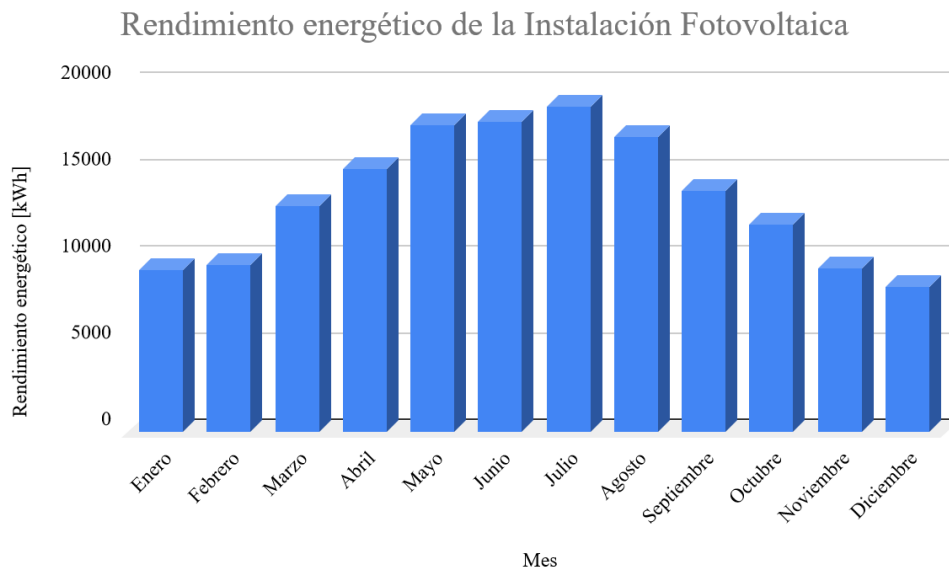
Tabla 6: Tabla resumen de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.

Para la simulación en Sunny Design el resultado del rendimiento energético anual es de 162 MWh.

<b>Mes</b>	<b>Generación de la escuela (kWh)</b>
<b>Enero</b>	9.272
<b>Febrero</b>	9.594
<b>Marzo</b>	12.988
<b>Abril</b>	15.168
<b>Mayo</b>	17.665
<b>Junio</b>	17.891
<b>Julio</b>	18.776
<b>Agosto</b>	16.960
<b>Septiembre</b>	13.845
<b>Octubre</b>	11.925
<b>Noviembre</b>	9.427
<b>Diciembre</b>	8.302
<b>Total</b>	<b>161.813</b>

Tabla 7: Generación de energía de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.





Gráfica 6: Rendimiento energético de la instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas.

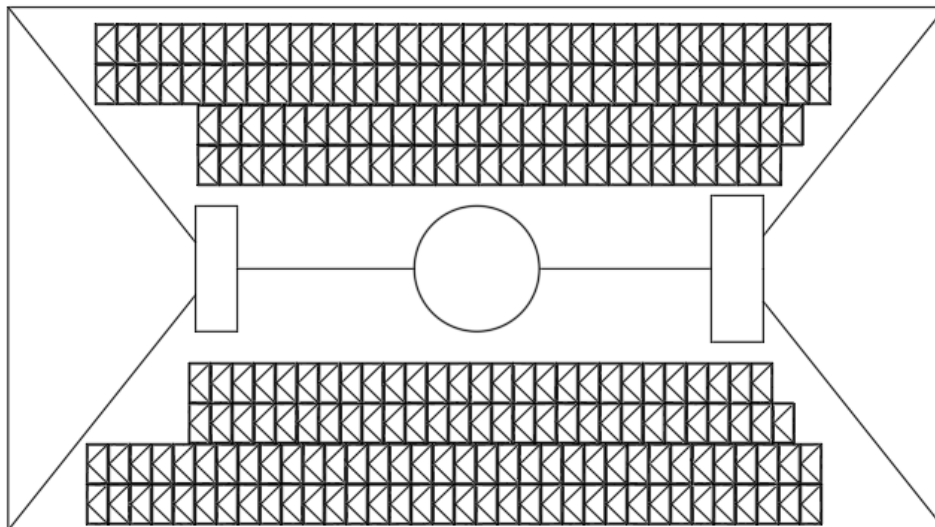


Figura 17: Distribución real de las placas solares en el tejado.



### 3.1.5. Equipos de la instalación fotovoltaica

En este apartado se exponen los equipos que se han utilizado en la instalación fotovoltaica, todas las hojas de datos se encuentran en los anexos.

#### 3.1.5.1. Generadores Fotovoltaicos

Para los módulos fotovoltaicos, utilizaremos los de la marca “Longi Solar” el modelo “LR4-66HPH-405M”, que posee una potencia de 405 Wp, con unas dimensiones de 1924 x 1038 x 35 mm. Se han utilizado para ambas instalaciones, empleando varios criterios, entre ellos, que son las que poseen mejor rentabilidad, su precio medio ronda los 180 €, y en relación a su tamaño y la potencia que generan son los módulos óptimos en el espacio que presentan nuestras instalaciones fotovoltaicas.

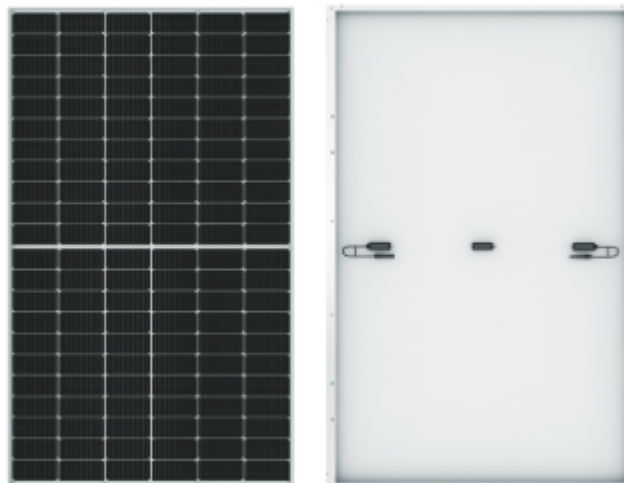


Figura 18: Módulo fotovoltaico Longi Solar LR4-66HPH-405M de la marca Longi Solar.

#### 3.1.5.2. Inversor fotovoltaico

El inversor utilizado es de la marca “SMA”, el modelo “Sunny Tripower Core2 STP 110-60”, con una potencia de 110 kW nominales. Ocupa unas dimensiones considerables de 1117 x 682 mm de ancho y alto respectivamente, con una profundidad de 363 mm. Este inversor es de una potencia superior a las placas instaladas por lo que la eficiencia en ambas instalaciones no será óptima, aún así se ha

optado por esta opción ya que sería más barata que instalar dos inversores de una potencia menor. El precio de este inversor suele rondar entre los 7.000 y los 8.000 €.



Figura 19: Inversor Sunny Tripower Core2 STP 110-60 de la marca SMA.

### 3.1.5.3. Gestión de la energía

En adición a la plataforma, se incluye el “Data Manager M” de la marca “SMA”, que se encarga de supervisar, controlar y regular la potencia en la planta fotovoltaica, y poder observar y monitorizar su comportamiento de forma remota. Su precio ronda entre los 900 y los 1000 €.



Figura 20: SMA Data Manager M.

### 3.1.5.4. Batería

El sistema de almacenamiento a utilizar serán las baterías, para este caso hemos utilizado dos diferentes con sus respectivos inversores de baterías.

#### Batería de la Escuela de Idiomas

En la escuela de idiomas se ha utilizado una batería “SMA, Storage-30-20 32 kWh”, que tiene una capacidad de almacenamiento de 32 kWh, lo que permitirá al sistema almacenar la energía que genere en momentos que no la necesite para posteriormente consumirla. Además irá acompañado de su inversor de batería “SMA Sunny Tripower Storage X 30”.



Figura 21: Sistema de almacenamiento de energía para la Escuela.

#### Batería del Edificio de Viviendas

En el edificio de viviendas se ha utilizado una batería “SMA, Storage Business 67 kWh”, que tiene una capacidad de almacenamiento de 67 kWh, lo que permitirá al sistema almacenar la energía que genere en momentos que no la necesite para posteriormente consumirla. En este caso es mayor que en la Escuela de Idiomas ya que las viviendas tienen un pico de utilización nocturna, que los centros educativos no. Además irá acompañado de su inversor de batería “SMA Sunny Tripower Storage 60”.



Figura 22: Sistema de almacenamiento para el edificio de viviendas.

### 3.1.6. Coste de la energía

Analizando el impacto económico que va a suponer la generación de energía, tiene una gran importancia a la hora de que los socios de la comunidad energética decidan asociarse o no, para ello es necesario conocer el precio de la factura eléctrica sin la instalación fotovoltaica. Así se podrá saber cuál es el ahorro del proyecto, actualmente se puede diferenciar según los peajes asumibles como: tarifas para potencias hasta 15 kW, y tarifas para potencias superiores a 15 kW.

Hoy en día se diferencia entre diferentes tipos de tarifas entre las que destacan: Tarifa fija, en ella el consumidor paga un precio fijo por cada unidad de energía consumida de forma independiente a la hora del día o la demanda en ese momento del sistema eléctrico; tarifa por horas punta y horas valle, el precio de la energía varía según el momento del día, en las horas punta en las que hay una mayor demanda de energía el precio suele ser más caro, mientras que en las horas valle, horas en las que la demanda energética es menor el coste es menor; tarifa por discriminación horaria, es similar que la de horas punta y horas valle, para esta tarifa se divide el día en diferentes períodos con precios variables; tarifa progresiva, el precio de la energía aumenta según aumenta su consumo; por último la tarifa indexada en la que el precio de la energía va según un índice marcado por las empresas suministradoras.

Para este proyecto utilizaremos el sistema basado en el sistema de tarifa por horas punta y horas valle ya que es el más común. Para potencias contratadas de hasta

15 kW se utiliza la Tarifa 2.0 TD, que tiene tres períodos, Punta, Llano y Valle. Mostrada la diferencia en el siguiente diagrama. (20)



Figura 23: Períodos de término de energía en la tarifa 2.0.

Los precios para Endesa durante el año 2023 en Canarias, extraídos de una factura real son:

Período	Precio (€/kWh)
Consumo Punta	0,216644
Consumo Llano	0,164763
Consumo Valle	0,131008

Tabla 8: Tarifa 2.0 TD Endesa en Canarias.

Además de esto se ha de pagar un precio de 0,0879 €/kW de potencia punta por cada kW contratado por cada uno de los días de factura, de la misma forma 0,017991 €/kW por la potencia valle. Sabiendo que para una vivienda de electrificación básica la potencia prevista es de 5750 W.

Para instalaciones de potencia superior a 15 kW en baja tensión como es la del instituto, se regula con la Tarifa 3.0 TD. Para este caso hemos decidido realizar una estimación de contratación de tarifa plana (21), en la que al ser una potencia contratada entre 50 kW y 100 kW, la empresa suministradora, en este caso Endesa, ofrece una tarifa plana con un coste de 0,238300 €/kWh. En la tarifa 3.0 TD también se pagará un precio por cada kW contratado que corresponde con 14,38 €/kW por año.

Con los consumos expuestos de cada una de las instalaciones, podemos calcular el gasto en energía eléctrica anual de cada edificio.

	<b>Edificio de Viviendas</b>	<b>Escuela de Idiomas</b>
<b>Coste anual energía eléctrica (€/año)</b>	24.700,46 €	4.606,16 €

Tabla 9: Coste anual de la energía eléctrica.

### 3.1.6.1. Compensación con excedentes

La compensación de excedentes, es un mecanismo que permite a los propietarios de la comunidad energética, poder enviar el excedente de energía generado a la red eléctrica recibiendo una compensación económica a cambio de ello.

El proceso a realizar consiste en comunicar a la empresa comercializadora el excedente horario generado y a partir de esta información, se le comunica y la comercializadora obtiene un precio medio horario del mercado eléctrico para todos los excedentes asignados. En ningún momento el importe devuelto por esta energía podrá ser negativa ni compensar el pago de impuestos. Se establece un término arbitrario para la compensación de 0,05 €/kWh.

## 3.2. Caso de Estudio

La comunidad energética a implementar en este proyecto se trata de la más beneficiosa para todos los participantes, cumpliendo con las normativas actuales con respecto a comunidades energéticas y autoconsumo colectivo.

Para ello se suponen como instalaciones generadoras y receptoras ambos edificios que se han planteado a lo largo de todo este proyecto, el edificio y la escuela de idiomas trabajan como generadores y también trabajan como consumidores asociados. Estos edificios han sido seleccionados, ya que en ellos se pueden realizar instalaciones fotovoltaicas y además son compatibles con la modalidad de acogida de compensación de excedentes, hecho de especial interés para la comunidad energética para que puedan obtener retribución económica por los excedentes que no sean consumidos.

Como ya se ha mencionado previamente, para poder acogerse a este mecanismo la instalación debe ser de fuente renovable, y la potencia de la instalación debe ser igual o inferior a 100 kW, que la compensación de excedentes se realice entre consumidor y productor y que el modo de conexión sea por red interior. La instalación en la escuela de idiomas posee una potencia nominal de 98,82 kW, mientras que en el edificio de viviendas la potencia nominal es de 93,96 kW.

Por otra parte, la instalación debe ir conectada por red interior, por lo que las instalaciones fotovoltaicas han de estar conectadas de forma que no se conecte directamente en la red de distribución.

De esta forma la propuesta de conexión generada sería conectar las dos instalaciones receptoras mediante la red interior de las dos instalaciones receptoras en las que se encuentran ubicadas pudiendo proporcionar así una dirección bidireccional en la que poder entregar y recibir energía. La instalación fotovoltaica de la escuela de idiomas irá conectada en la red interior de la escuela de idiomas, mientras que la instalación fotovoltaica del edificio de viviendas irá conectada a la red interior del edificio, estando todas conectadas a la red de distribución, quedando la configuración:

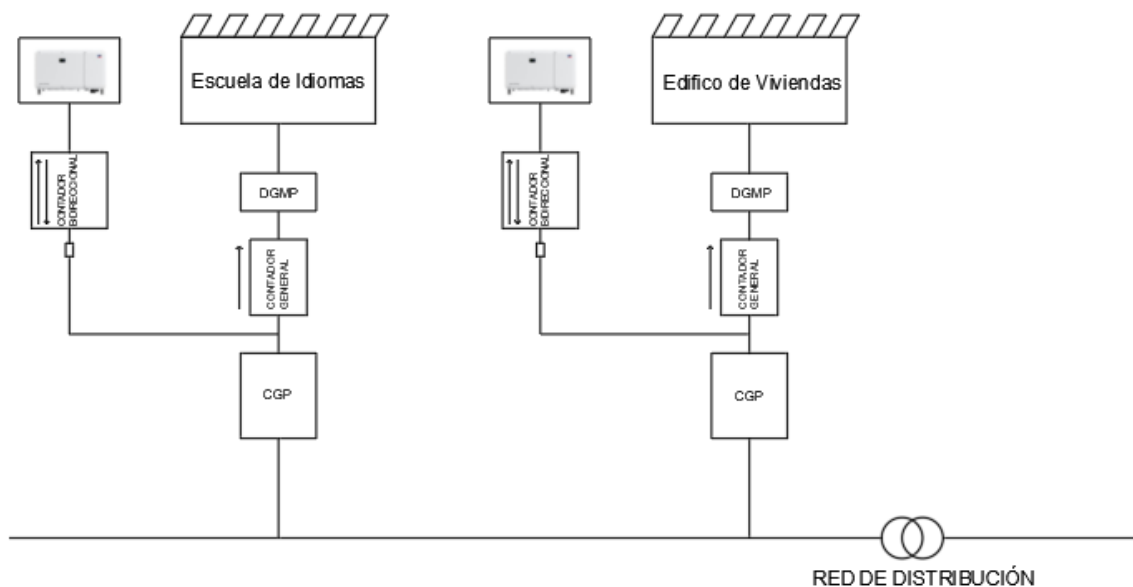


Figura 24: Conexión del autoconsumo colectivo.



El esquema unifilar que quedaría en la instalación de autoconsumo fotovoltaica es:

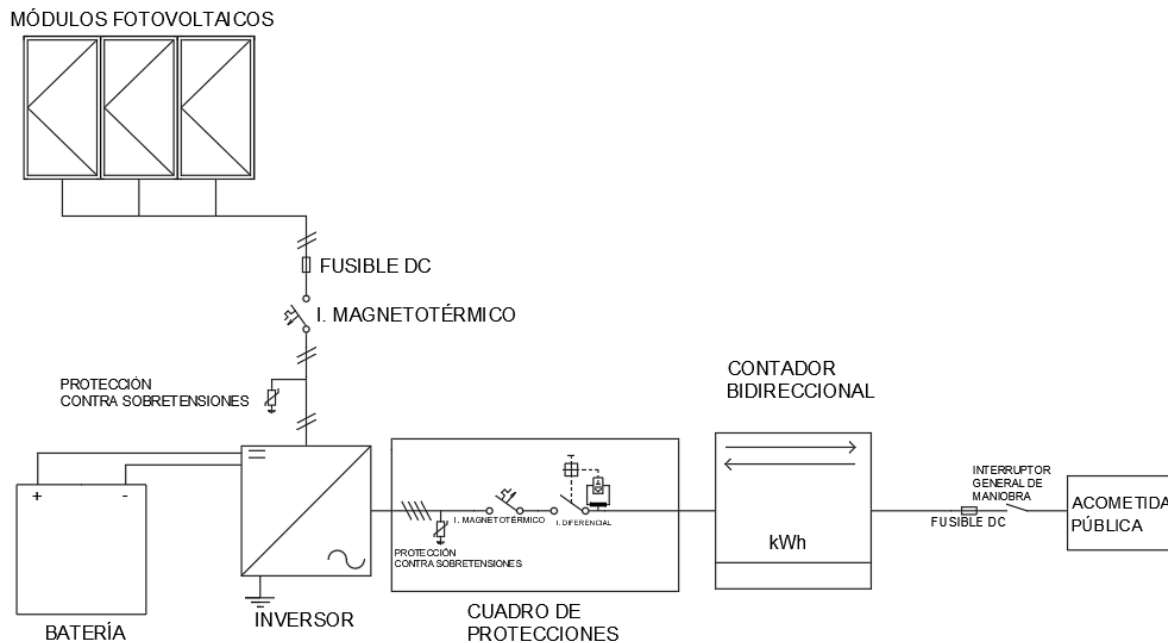


Figura 25: Esquema unifilar básico de la instalación fotovoltaica conectado a la red.

Mediante la simulación del Software Sunny Design, hemos podido obtener los siguientes datos:

- Rendimiento energético: Producción de la planta fotovoltaica en kWh, unidad de potencia por unidad de tiempo.
- Coeficiente de rendimiento: Porcentaje que mide la eficiencia que presenta la planta fotovoltaica.
- Consumo: Energía que gasta la instalación, a pesar de que no coincida con los datos expuestos anteriormente, es una aproximación muy cercana, siendo el valor total el mismo por lo que los resultados son válidos, expresado en kWh, unidad de potencia por unidad de tiempo.
- Autoconsumo: Energía que consume la instalación de lo que produce el mismo sistema fotovoltaico, es ligeramente superior al consumo debido a las pérdidas de los módulos fotovoltaicos, de las baterías y de los cables en la propia instalación, expresado en kWh, unidad de potencia por unidad de tiempo.

- Toma de red: Expresa la cantidad de energía que ha sido necesaria tomar de la red, es decir que no se ha podido generar para posteriormente consumir, expresada en kWh, unidad de potencia por unidad de tiempo.
- Inyección a la red: Cantidad de energía total producida por la instalación restado al autoconsumo, es decir, a la energía que ha sido consumida por el cliente, toda esta energía es devuelta a la red para su posterior compensación, son los denominados excedentes, expresado en kWh, unidad de potencia por unidad de tiempo.
- Compensación por excedentes: Es la potencia devuelta a la red, es decir la inyección a red multiplicada por el precio acordado sujeto a la compensación.
- Cuota autárquica: Es un porcentaje que determina la independencia que tiene el sistema con respecto a la red, siendo 0 % la instalación sería completamente dependiente de la red, mientras que siendo 100 % el sistema sería completamente independiente de la red.

A continuación, podemos observar los datos principales de autoconsumo que ha arrojado el software Sunny Design para la Escuela de Idiomas.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
<b>Rendimiento energético [kWh]</b>	9272	9594	12988	15168	17665	17891	18776	16960	13845	11925	9427	8302	<b>161813</b>
<b>Coefficiente de rendimiento [%]</b>	87	87	87	88	87	87	86	86	86	86	87	87	<b>1041</b>
<b>Consumo [kWh]</b>	1242	1122	1242	1202	1242	1202	1242	1242	1202	1242	1202	1242	<b>14624</b>
<b>Autoconsumo [kWh]</b>	1339	1216	1336	1287	1325	1278	1319	1326	1288	1340	1303	1351	<b>15708</b>
<b>Toma de red [kWh]</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Inyección a la red [kWh]</b>	7932	8378	11652	13881	16340	16613	17457	15634	12557	10584	8125	6951	<b>146104</b>
<b>Compensación por excedentes (€)</b>	396,6	418,9	582,6	694,05	817	830,65	872,85	781,7	627,85	529,2	406,25	347,55	<b>7305,2</b>
<b>Cuota autárquica [%]</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Tabla 10: Datos de Autoconsumo de la Escuela de Idiomas.

A partir de los datos que podemos ver en esta tabla podemos sacar varias conclusiones, podemos ver la comparación entre el consumo y el autoconsumo comparado con el rendimiento energético, la diferencia entre ellos dará lugar a la

inyección a la red, multiplicado por los 0,05 €/kWh (22) resultará la compensación que nos proporciona la distribuidora. Por último podemos ver que la energía tomada por la red es de 0, ya que gracias a la batería instalada no es necesario consumir nada de la red. Por lo que la cuota autárquica será del 100%, es decir en condiciones normales, la instalación fotovoltaica será completamente independiente de la red.

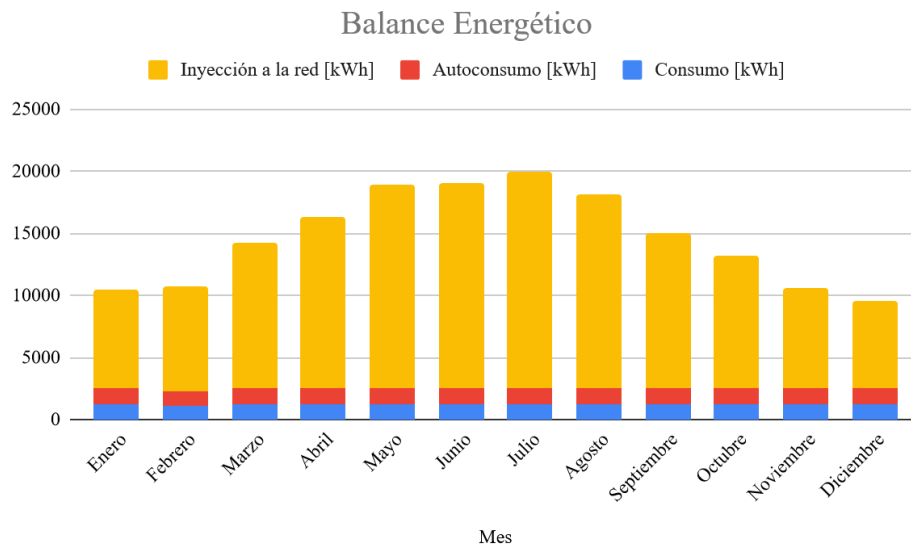


Gráfico 7: Balance Energético de la Escuela de Idiomas.

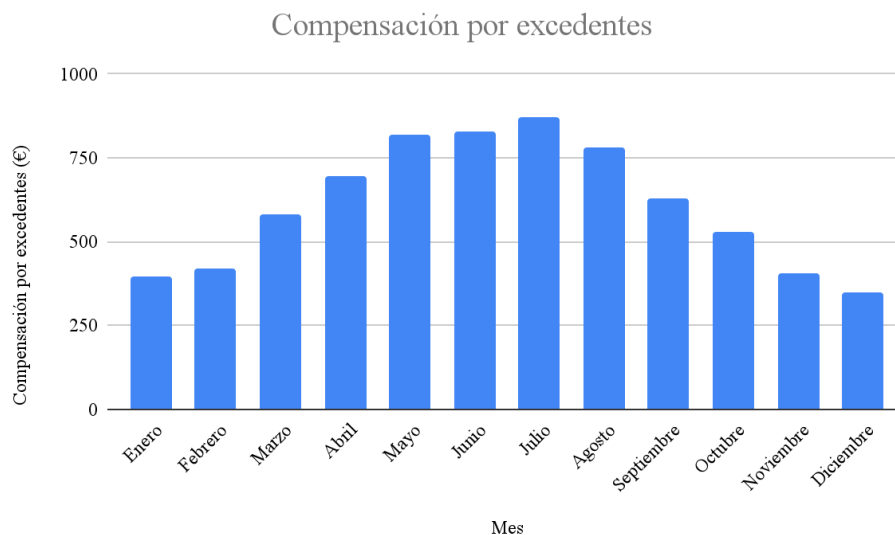


Gráfico 8: Compensación por excedentes de la Escuela de Idiomas.

De la misma manera, podemos observar los datos que ha arrojado la misma plataforma para el Edificio de Viviendas:

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Rendimiento energético [kWh]</b>	8067	8463	11558	13432	15740	16006	16772	15037	12223	10351	8070	7153	<b>142872</b>
<b>Coefficiente de rendimiento [%]</b>	86	87	87	87	87	87	86	86	86	86	86	85	<b>1036</b>
<b>Consumo [kWh]</b>	8802	7950	8802	8518	8802	8518	8802	8802	8518	8802	8518	8802	<b>103636</b>
<b>Autoconsumo [kWh]</b>	6267	5872	7083	7322	7904	7657	8010	7612	7082	6865	5906	5966	<b>83546</b>
<b>Toma de red [kWh]</b>	2625	2230	1884	1343	1071	1027	949	1346	1581	2092	2745	2985	<b>21878</b>
<b>Inyección a la red [kWh]</b>	1800	2591	4476	6110	7837	8349	8762	7425	5141	3487	2164	1187	<b>59329</b>
<b>Compensación por excedentes (€)</b>	90	129,55	223,8	305,5	391,85	417,45	438,1	371,25	257,05	174,35	108,2	59,35	<b>2966,45</b>
<b>Cuota autárquica [%]</b>	70	72	79	84	88	88	89	85	81	76	68	66	

Tabla 11: Datos de Autoconsumo del Edificio de Viviendas.

De la misma forma podemos observar los datos para el autoconsumo de viviendas, y su compensación por excedentes, en comparación con la otra instalación, se puede observar que esta no es independiente de la red, toma de la red alrededor de un cuarto de la energía que consume en los meses de mayor consumo. La compensación se considera menor, ya que la energía inyectada a la red es mucho menor, siendo su cuota autárquica también mucho menor. Incluso como se ha de tomar de la red una cantidad de energía, la compensación por excedentes no supone un dato significativo.

Este déficit de energía se puede resolver mediante la toma de energía de la red, o siendo la energía vendida o cedida por el otro edificio de la comunidad energética, la escuela de idiomas, que como hemos visto tendrá una gran cantidad de energía restante que será vertida a la red, o cedida a otro miembro de la comunidad energética.

Aún así, una gran parte de la energía que consume el edificio viene de la instalación fotovoltaica, pudiendo ser la comunidad energética independiente de la toma de energía de la red.

Resulta extraño a la hora de ver que hay inyección a la red de energía mientras que el autoconsumo no es del 100%, esto es debido a que esta energía no puede ser ni almacenada ni consumida, por lo que ha de ser devuelta a la red.

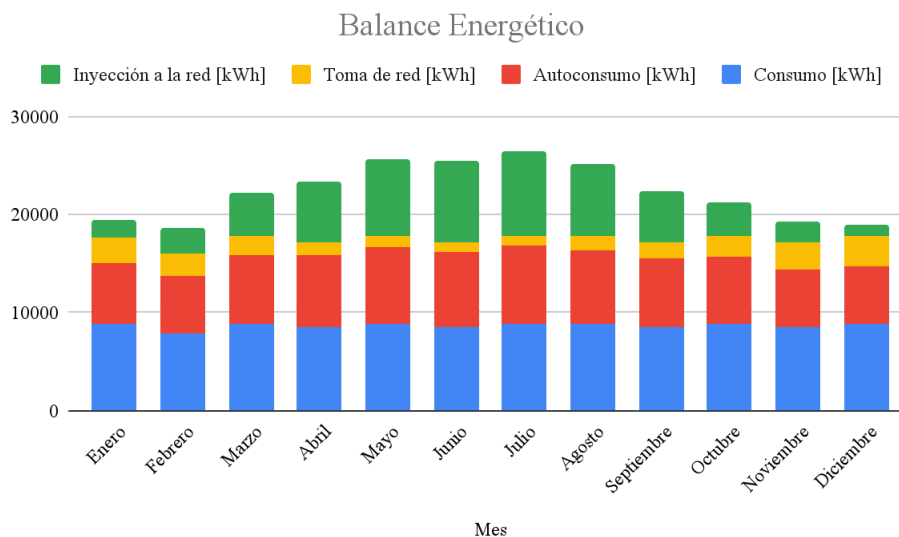


Gráfico 9: Balance Energético del Edificio de Viviendas.

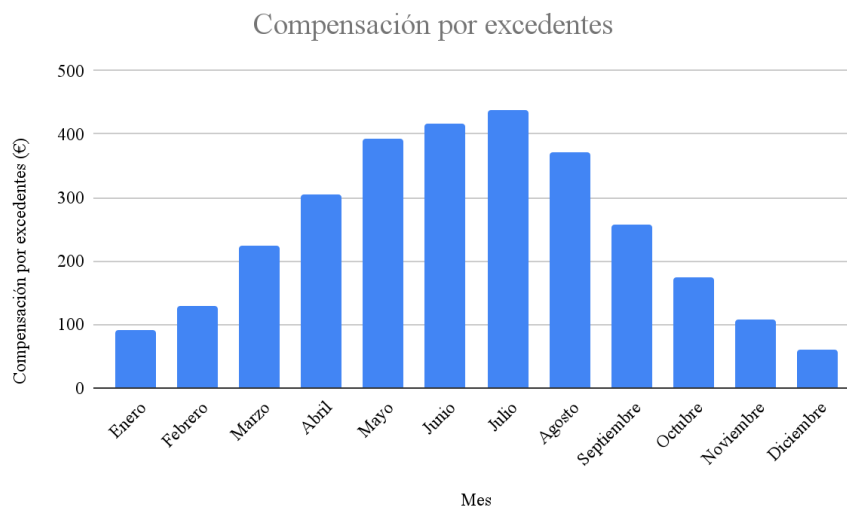


Gráfico 10: Compensación por excedentes del Edificio de Viviendas.

En cuanto a la comunidad energética y a compartir la energía entre ambos se han realizado una serie de suposiciones.

Se pueden suponer diferentes soluciones para que la comunidad energética sea equitativa y comparta la energía. Como se ha mostrado en los apartados previos, la Escuela de Idiomas es independiente al 100% por lo que genera toda la energía que consume y además genera excedentes que pueden ser vertidos de vuelta a la red, o pueden ser entregados a otro de los miembros de la comunidad energética.

Todos los meses el excedente de energía de la Escuela de Idiomas será mayor que la energía que necesita el Edificio de Viviendas, por lo que en el caso de que la inversión de la instalación fotovoltaica fuese realizada a partes iguales, toda la energía restante de la Escuela de Idiomas sería cedida hacia el Edificio de Viviendas, sin ningún tipo de coste adicional, para este caso sería de gran interés mostrarle a ambos miembros la energía que les sobrará y la energía que necesitarán para que sopesaran una decisión que creyesen justa y beneficiosa para los dos miembros de la comunidad energética.

En otro caso, realizando la inversión para la instalación separada, el Edificio de Viviendas se surtirá de la energía necesaria tomándola de la red y siendo demandada directamente de la red, pudiendo negociar entre ambos edificios un precio por el excedente de energía en lugar de que este precio fuese regulado por la compañía eléctrica, es por esto que ambos se verían beneficiados ya que cuando se llega a estos acuerdos, el precio pagado por la energía es menor que el que se le pagaría a una distribuidora eléctrica comercial, y sería mayor la remuneración para el que cede los excedentes.

Para el último de los casos que se proponen, se supondrá que la instalación sea realizada a partes iguales entre los dos miembros de la comunidad energética y que el Edificio de Viviendas reciba la energía necesaria de la red, mientras que la compensación por excedentes se reparta a partes iguales entre los dos miembros de la comunidad energética, ya que la inversión para la instalación sería la misma, beneficiándose así ambos económicamente de la compensación por excedentes producida por la comunidad energética.

Por ello, las instalaciones y la comunidad energética en sí resulta de gran rentabilidad, ya que mediante sus instalaciones fotovoltaicas son capaces de cubrir sus necesidades energéticas y generar excedentes, que mediante la compensación de estos, obtendrán beneficios durante todos los meses.

	<b>Excedentes totales acogidos a compensación (kWh)</b>	<b>Compensación por excedentes (€)</b>
<b>Edificio de Viviendas</b>	59.329	2.966,45
<b>Escuela de Idiomas</b>	146.104	7.305,20

Tabla 12: Compensación por excedentes de cada edificio.

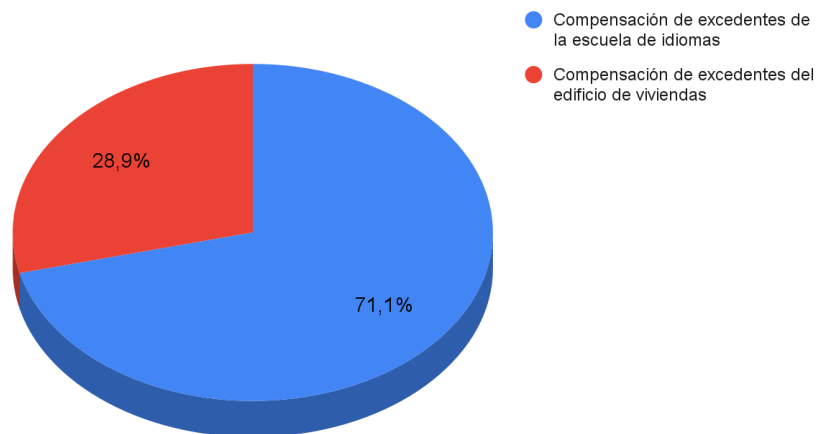


Gráfico 11: Porcentaje de compensación de excedentes de cada edificio.

En el último caso planteado, en el que hicieran una inversión equitativa y así ambos tuviesen la misma generación de ingresos, los beneficios tras haber sido remunerado el consumo de excedentes sería:

	<b>Compensación por excedentes (€)</b>
<b>Edificio de Viviendas</b>	5.135,82
<b>Escuela de Idiomas</b>	5.135,82

Tabla 13: Compensación de los excedentes de forma equitativa.

Todas las propuestas son interesantes, además de que se podría comenzar con uno de los casos planteados para más tarde cambiar hacia otro de ellos. Siempre se



plantean todos los casos a los miembros decidiendo ellos la manera más equitativa y beneficiosa para ellos, cabe destacar que este acuerdo debe quedar estipulado por contrato, en el que ambas partes estén de completo acuerdo y pudiendo ser revisado y modificado cuando cualquiera de los miembros lo solicite.

Podría parecer que sería más beneficioso para ambos realizar la instalación por su cuenta, pero hemos de tener en cuenta que es positivo para ambas estar conectadas, ya que en el caso de un fallo en alguna de las instalaciones fotovoltaicas se podrían apoyar en la otra al estar conectadas, o en el caso de que una generase más que otra podrían compartir su energía.

## 4. Coste Fotovoltaico

Como ya hemos mencionado previamente, este trabajo no se trata de un proyecto de instalación fotovoltaica, simplemente es un estudio de viabilidad por lo que no se realiza ningún tipo de presupuesto, como tal ya que eso es parte de un proyecto.

Aún así se introducirá un coste fotovoltaico aproximado para cada uno de los edificios en el siguiente apartado en los que se podrá realizar una orientación para los precios de los componentes introducidos en el estudio realizado.

Además solo se han contemplado los costes del material fotovoltaico como tal, sin incluir los referidos a la instalación eléctrica como cables o interruptores.

<b>Instalación Fotovoltaica del Edificio de Viviendas</b>			
<b>Material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Módulos Fotovoltaicos Longi Solar "LR4-66HPH-405M" con una potencia de 405 Wp	232	187,37 €	43.469,84 €
Inversor Fotovoltaico "Sunny Tripower Core 2 STP 110-60"	1	7.352,96 €	7.352,96 €
Gestor de energía "SMA Data Manager M"	1	981,41 €	981,41 €
Batería "SMA Storage Business 67 kWh"	1	62.352,21 €	62.352,21 €
Soporte Coplanar para módulos fotovoltaicos, cubierta de teja Sunfer 01V1	232	49,82 €	11.558,24 €
<b>Total</b>			<b>125.714,66 €</b>

Tabla 14: Coste fotovoltaico del Edificio de Viviendas.

<b>Instalación Fotovoltaica de la escuela de idiomas</b>			
<b>Material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Módulos Fotovoltaicos Longi Solar "LR4-66HPH-405M" con una potencia de 405 Wp	244	187,37 €	45.718,28 €
Inversor Fotovoltaico "Sunny Tripower Core 2 STP 110-60"	1	7.352,96 €	7.352,96 €
Gestor de energía "SMA Data Manager M"	1	981,41 €	981,41 €
Batería "SMA Storage-30-20 32 kWh"	1	30.854,15 €	30.854,15 €
Soporte Coplanar para módulos fotovoltaicos, cubierta de teja Sunfer 01V1	244	49,82 €	12.156,08 €
<b>Total</b>			<b>97.062,88 €</b>

Tabla 15: Coste fotovoltaico del Edificio de Viviendas.

## 5. Estudio de Viabilidad

Este proyecto no sería viable si no fuese rentable, por lo que los miembros de la comunidad energética han de estar interesados en que se lleve a cabo, para ello se realiza un estudio económico que se muestra a los posibles miembros de la comunidad energética para mostrarles la rentabilidad económica del proyecto desarrollado.

En esta ocasión se realizará el estudio para que la instalación sea realizada por cada uno de los miembros de forma individual. Para realizar este, hemos realizado unos costes aproximados de la instalación de las placas para poder hacer una estimación de la rentabilidad y la proyección de la instalación, en este precio hemos incluido el coste de la instalación eléctrica aproximando a 40.000 € por instalación.

	<b>Costes fotovoltaicos (€)</b>	<b>Costes Aproximados de Instalación (€)</b>	<b>Inversión de la instalación (€)</b>
<b>Edificio de Viviendas</b>	125.714,66	40.000	165.714,66
<b>Escuela de Idiomas</b>	97.062,88	40.000	137.062,88

Tabla 16: Inversión total de cada instalación.

- **Edificio de Viviendas**

En este apartado mostraremos el ahorro efectivo y acumulado, además de comparar el gasto, estando la instalación fotovoltaica y sin ella.

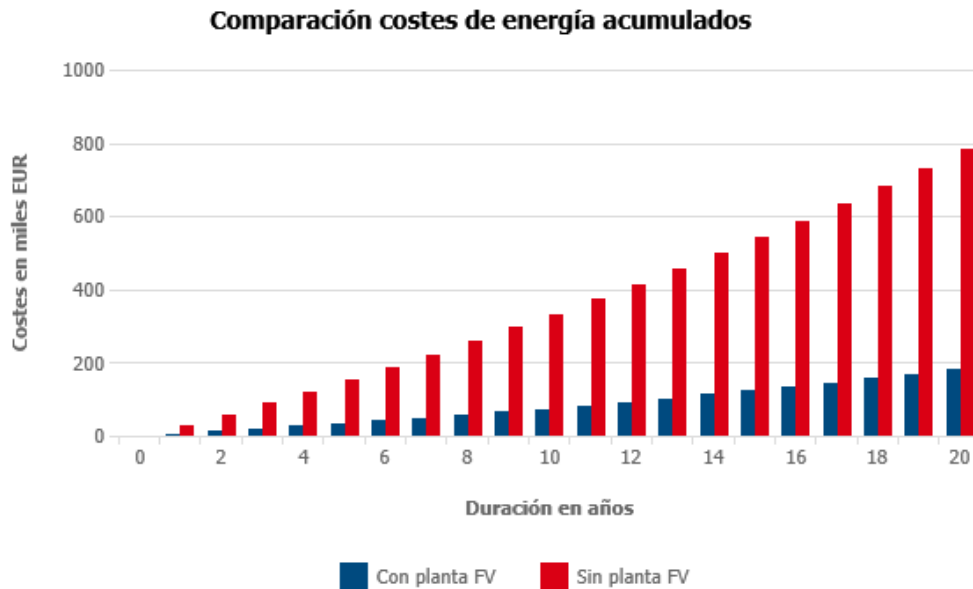


Gráfico 12: Comparación de los costes de energía acumulados en el Edificio de Viviendas.

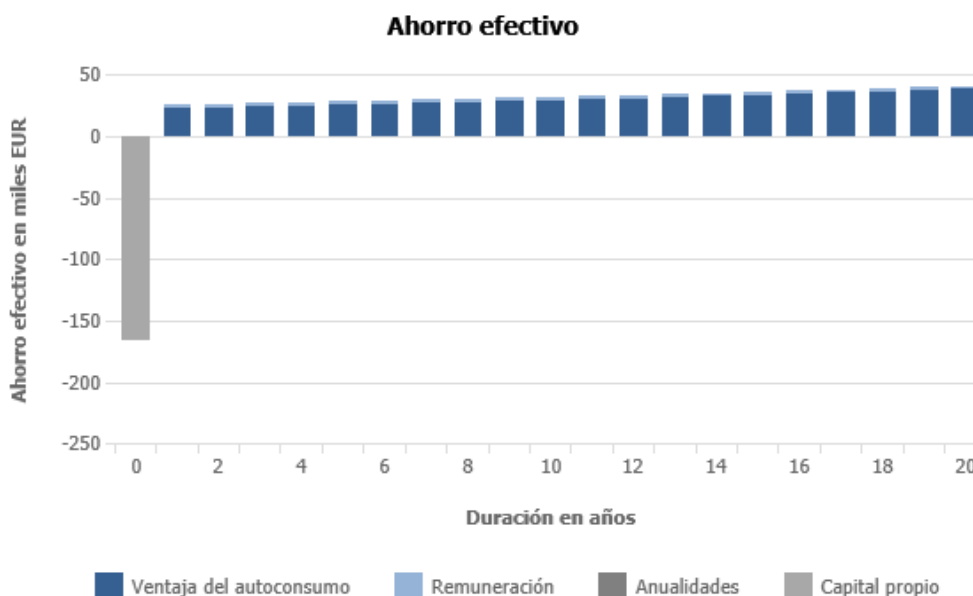


Gráfico 13: Ahorro efectivo en el Edificio de Viviendas.

- **Escuela de Idiomas**

De la misma manera, se han utilizado los mismos gráficos para la Escuela de Idiomas.

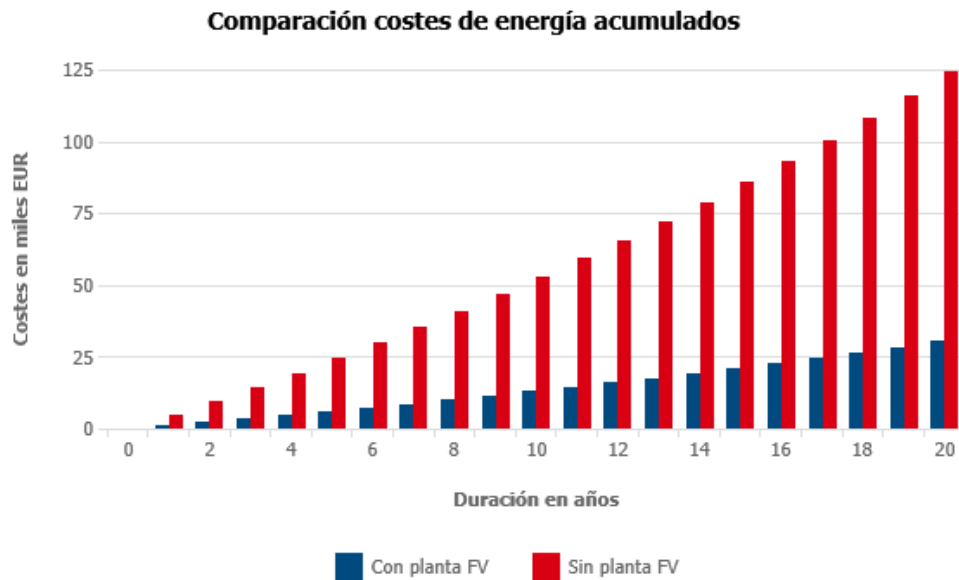


Gráfico 14: Comparación de los costes de energía acumulados en la Escuela de Idiomas.

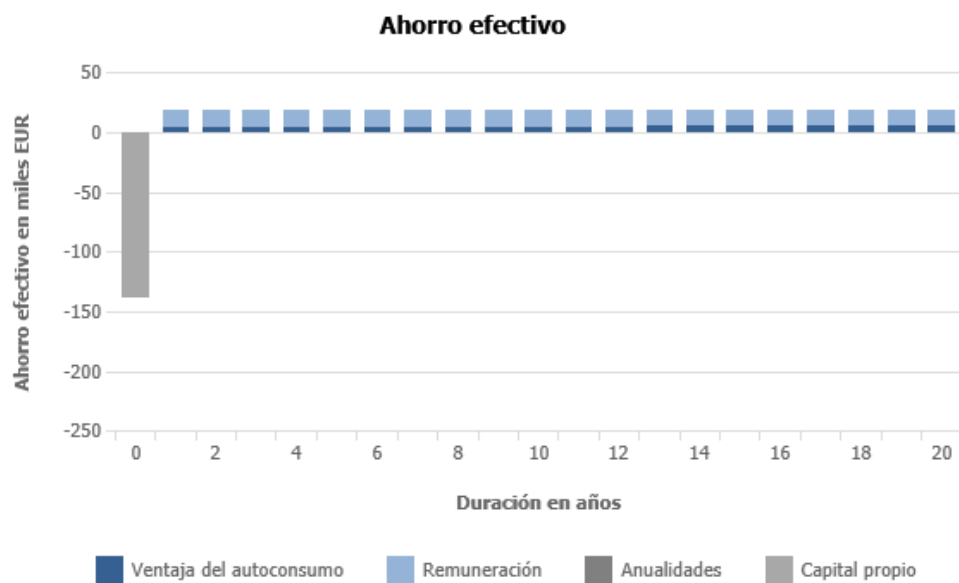


Gráfico 15: Ahorro efectivo en la Escuela de Idiomas.

Como se puede observar en los gráficos 12 y 14, los costes de la energía son mucho menores teniendo en cuenta la planta fotovoltaica que no teniéndola, estos precios se van acumulando y van progresando debido a la inflación en los precios de la energía, mientras que teniendo en cuenta la planta fotovoltaica, la energía puede ser generada y consumida por el miembro de la comunidad energética controlando los precios. También se ha de tener en cuenta que con la planta fotovoltaica los precios seguirán subiendo ya que se incluyen los precios del mantenimiento de la instalación, limpieza, renovación de componentes etc.

En cuanto a la información que arrojan los gráficos 13 y 15, se puede sacar en claro que el ahorro efectivo se mantiene constante a lo largo de los años, aunque se puede considerar cuantiosa la inversión inicial, se puede observar que a lo largo de los años es altamente amortizable.

Para el caso del Edificio de Viviendas, teniendo en cuenta que la inversión se repartiría entre las 40 viviendas del Edificio, la inversión inicial sería de unos 4.000 € por piso la que se haría rentable en un período de 3 a 5 años, y se lograría amortizar llegado a los 10, podrían parecer períodos largos, pero teniendo en cuenta que el recurso de la energía es primordial en nuestro día a día, resulta muy factible en el corto-medio plazo.

Queda claro, que económicamente, la comunidad energética resulta altamente beneficiosa para todos sus miembros.

## 6. Conclusiones

A través de este trabajo de fin de grado se han elaborado numerosas conclusiones. Una de las más importantes es llegar a conocer la verdadera importancia que hay en la sociedad en la actualidad de una transición ecológica real. Además día a día se están desarrollando nuevos modelos de gestión, que además promueven el desarrollo socioeconómico. En este caso se ha podido observar mediante una comunidad energética basada en las energías renovables, de forma más concreta, en las instalaciones fotovoltaicas. Se ha comenzado realizando una extensa investigación sobre estas, comenzando por la legislación vigente, los diferentes marcos jurídicos que atañen el campo de estudio realizado, tanto a nivel nacional como internacional, ya que como hemos visto la Unión Europea está fomentando y premiando en forma de subvenciones y reconocimiento de este tipo de iniciativas.

El caso práctico que se ha realizado ha sido sobre un caso real, se ha propuesto una nueva comunidad energética entre edificaciones de distinto tipo, pero que comparten ubicación, sentando bases para posibles ampliaciones.

Se han desarrollado dos puntos principalmente, la instalación fotovoltaica, y la comunidad energética. En cuanto a la instalación fotovoltaica se nos han presentado diversos problemas, sobre todo a la hora de dimensionarla. Nos hemos enfrentado al problema del espacio, que a la hora de gestionar la cantidad de módulos por tejado parecía complicado poder introducir la cantidad deseada para la potencia deseada.

La otra problemática ha llegado a la hora del reparto de energía de forma equitativa, finalmente se ha puesto solución a ambos problemas contrastando fuentes y realizando una investigación de diferentes ejemplos reales de comunidades energéticas y de sus modelos ya implementados.

Una vez ya implementados dichos modelos, y las simulaciones hubieran arrojado resultados satisfactorios, hemos visto que la introducción de las baterías para la instalación fotovoltaica es una parte crucial para el correcto funcionamiento de nuestra comunidad energética, ya que permitirá almacenar todos los excedentes de energía que no se consuman en el momento generado, permitir así verter los excedentes a la red.

Tras una inversión cuantitativa, se puede ver que es un modelo totalmente sostenible a nivel económico y medioambiental, además de ser muy atractivo para futuros posibles socios, haciendo así que las comunidades energéticas se muestren día

a día como un atractivo mayor como un instrumento potente en la transición ecológica.



## 7. Bibliografía


1. Comunidades Energéticas Locales - IDAE. [en línea]. [Consulta: 4 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
2. Comunidades Energéticas Locales - IDAE. [en línea]. [Consulta: 6 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
3. Comunidades Energéticas Locales - IDAE. [en línea]. [Consulta: 7 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
4. Comunidades Energéticas Locales - IDAE. [en línea]. [Consulta: 7 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
5. España (2013). Ley 24/2013, de 26 de diciembre de 2013, del Sector Eléctrico. [Consulta: 7 marzo 2023].
6. Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre de 2018, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. [Consulta: 7 marzo 2023].
7. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril de 2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. [Consulta: 15 marzo 2023].
8. Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. [Consulta: 17 marzo 2023].
9. Comunidades Energéticas y la Unión Europea - IDAE. [en línea]. [Consulta: 25 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>
10. PNIEC - Plan Nacional Integrado de Energía y Clima. [en línea]. [Consulta: 25 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>
11. Solarmente - Casos de Éxito de Comunidades Energéticas en Europa. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:  
<https://solarmente.es/blog/casos-de-exito-de-comunidades-energeticas>

12. Genpower - Comunidad Energética Freiburg. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:  
<https://www.genpower.es/freiburg-capital-ecologica-de-alemania>
13. Citynvest - Comunidad Energética Brixton. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:  
<http://citynvest.eu/content/cooperativa-de-energ%C3%ADa-de-brixton>
14. Enercoop - Comunidad Energética Crevillent. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:  
<https://www.grupoenercoop.es/crevillent-la-primera-comunidad-energetica-de-espana/>
15. España (2013). Ley 24/2013, de 26 de diciembre de 2013, del Sector Eléctrico. [Consulta: 7 marzo 2023].
16. Comunidades Energéticas Locales - IDAE. [en línea]. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
17. Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. [Consulta: 17 marzo 2023].
18. Real Decreto 477/2021, de 29 de junio de 2021, por el que se aprueba la concesión directa a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla de ayudas para la ejecución de diversos programas de incentivos ligados al autoconsumo y al almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. [Consulta: 17 marzo 2023].
19. Consumos del Sector Residencial en España (2019-2020) - IDAE. [en línea]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:  
[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)
20. Períodos de término de la energía en tarifa 2.0 - IDAE. [en línea]. [Consulta: 8 junio 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>
21. Períodos de término de la energía en tarifa 3.0 - IDAE. [en línea]. [Consulta: 8 junio 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>

- 22.** Pago en kWh de los excedentes - IDAE. [en línea]. [Consulta: 7 marzo 2023]. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-para-el-desarrollo-de-instrumentos-de-fomento-de-comunidades-energeticas-locales>

# ANEXOS



<b>INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA</b>			
MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA	 E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO			
TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ			
PLANO DE SITUACIÓN			Nº P. : 0

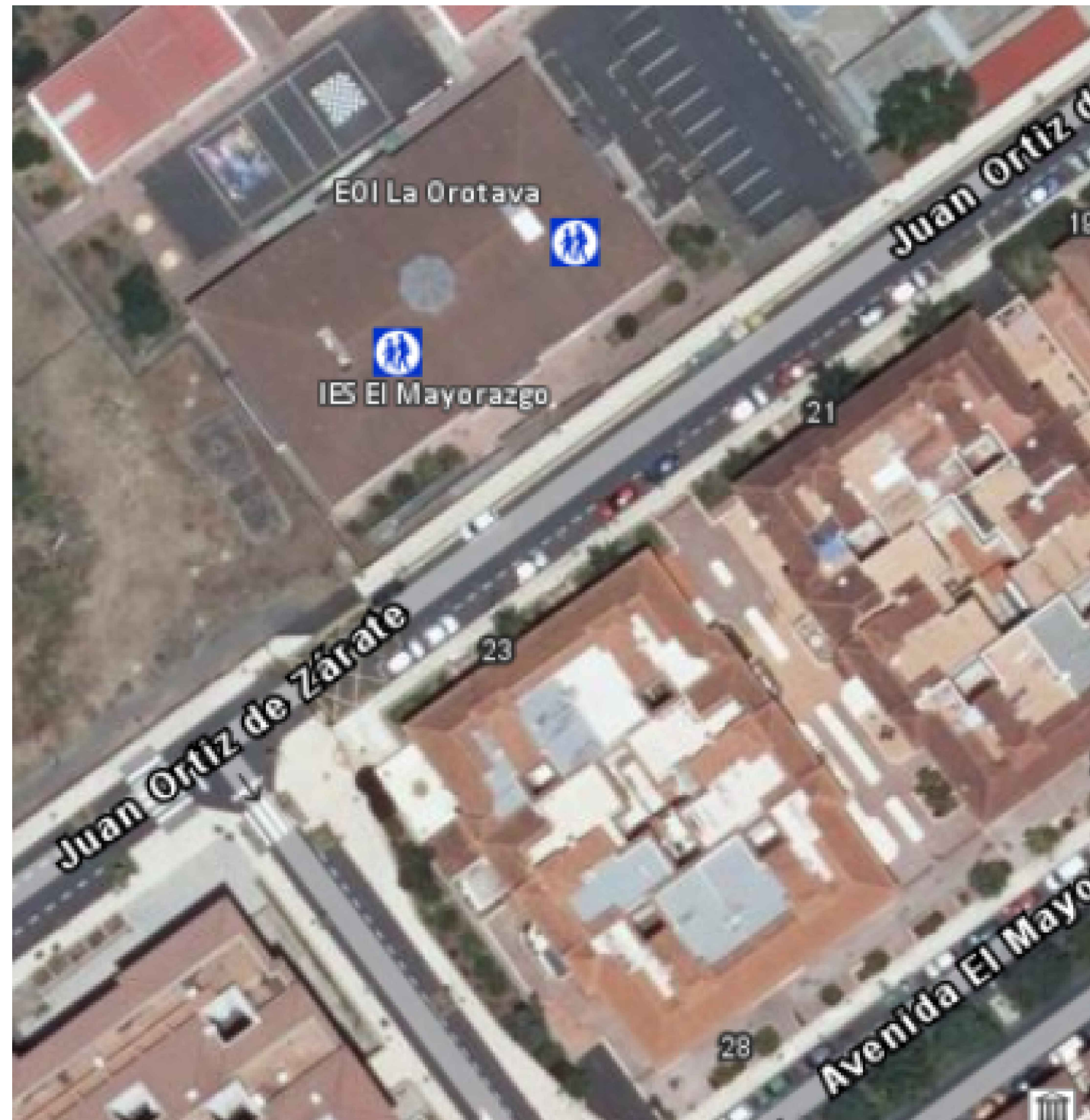




INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA	 Universidad de La Laguna	E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO				
TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ				
PLANO DE SITUACIÓN				Nº P. : 1



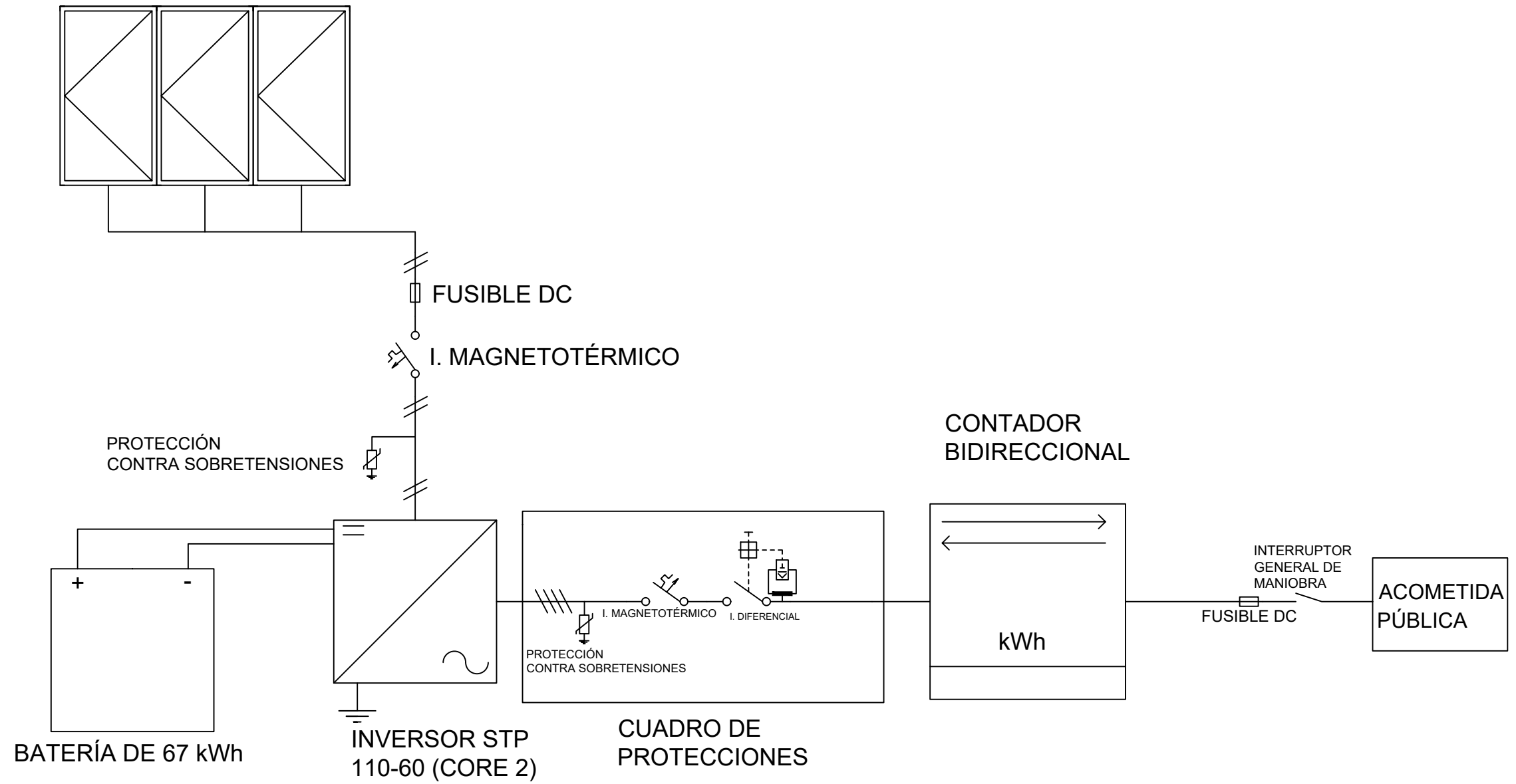


INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA


MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA		E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO				
TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ				
PLANO DE SITUACIÓN				Nº P. : 2



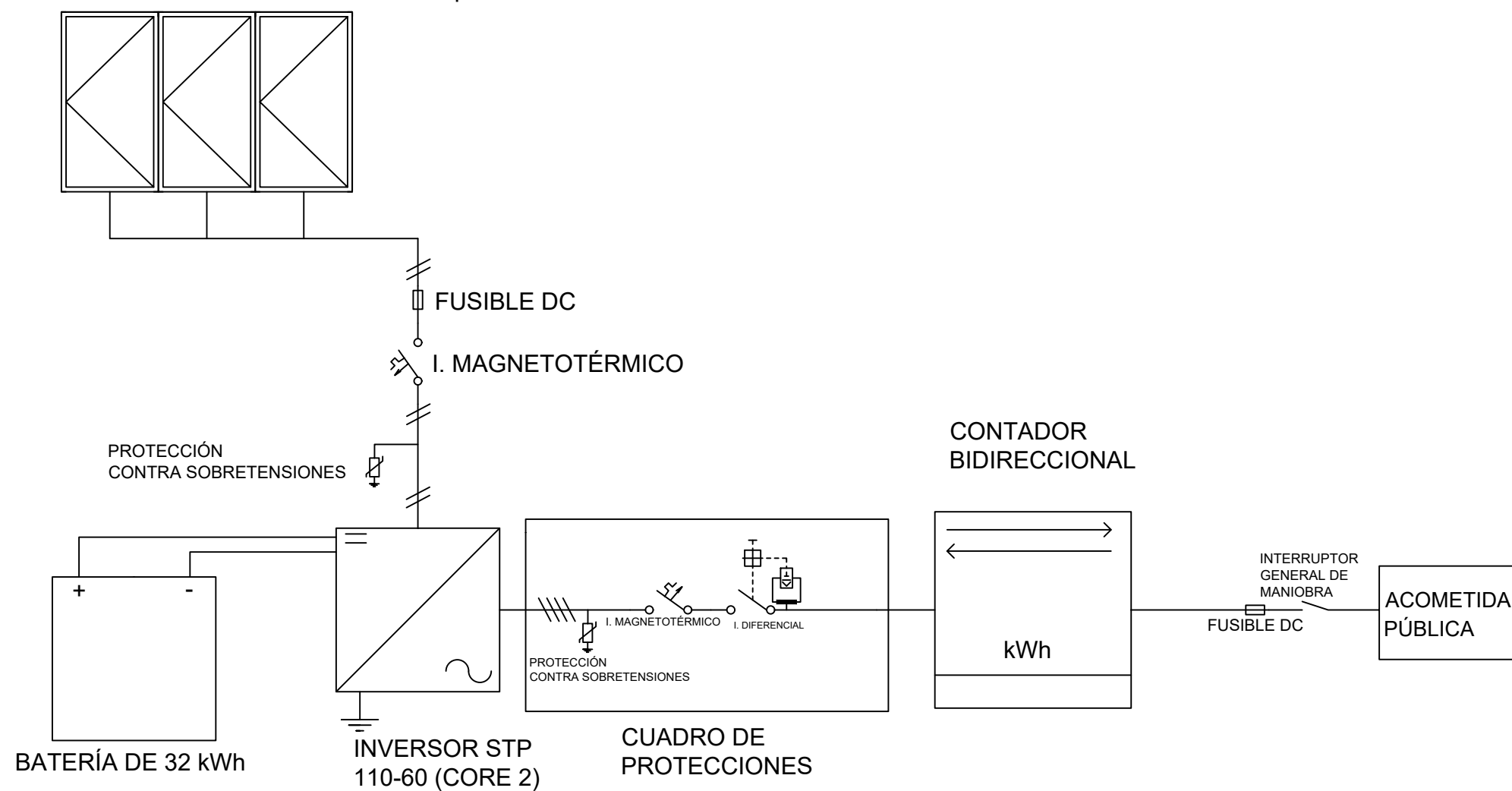
232 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS de 405 Wp




INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

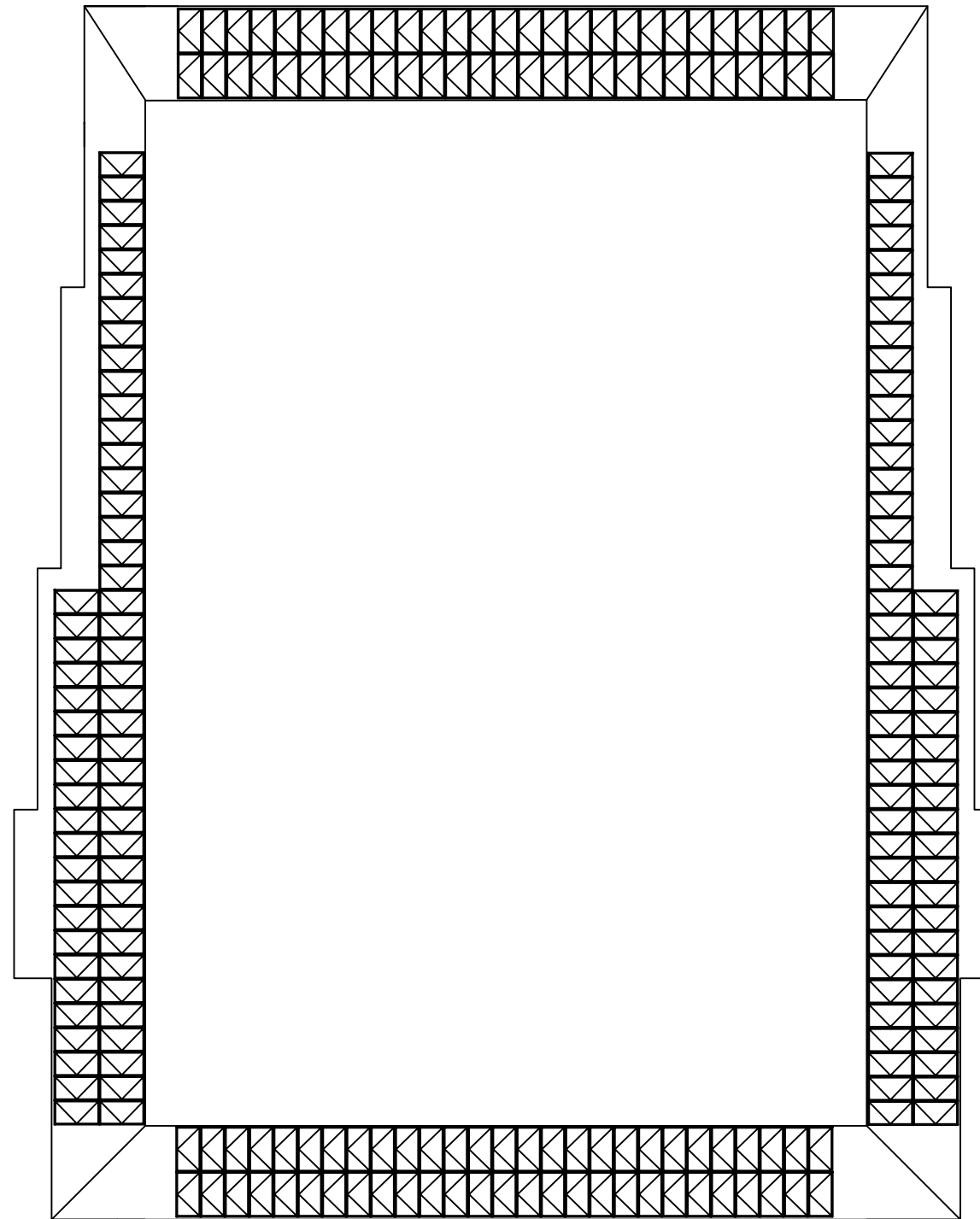
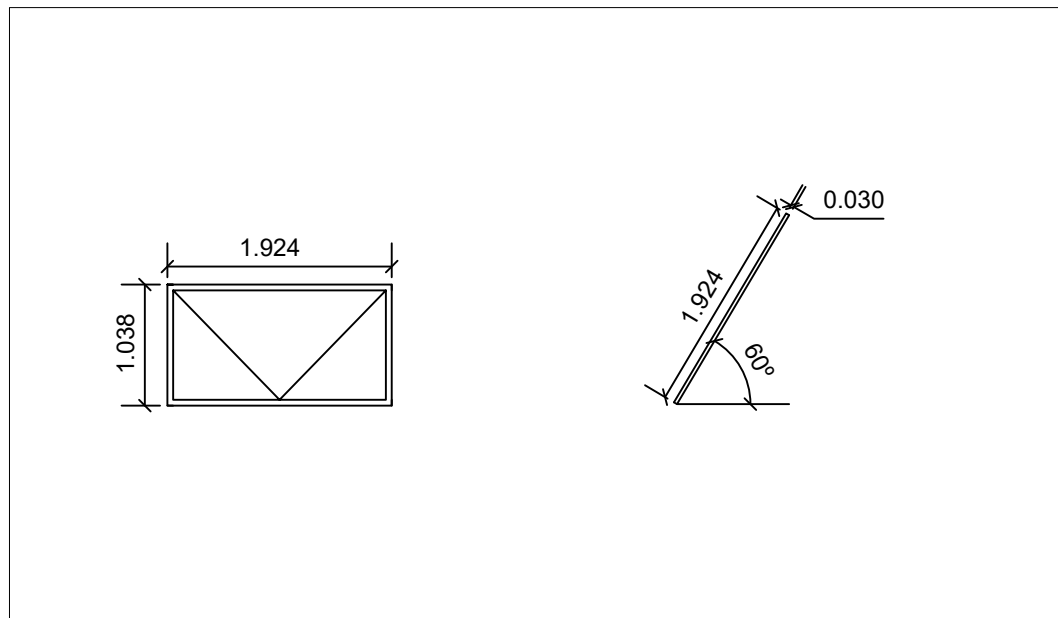
MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA		E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO				
TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ				
ESQUEMA UNIFILAR EDIFICIO DE VIVIENDAS				Nº P. : 3

243 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS de 405 Wp




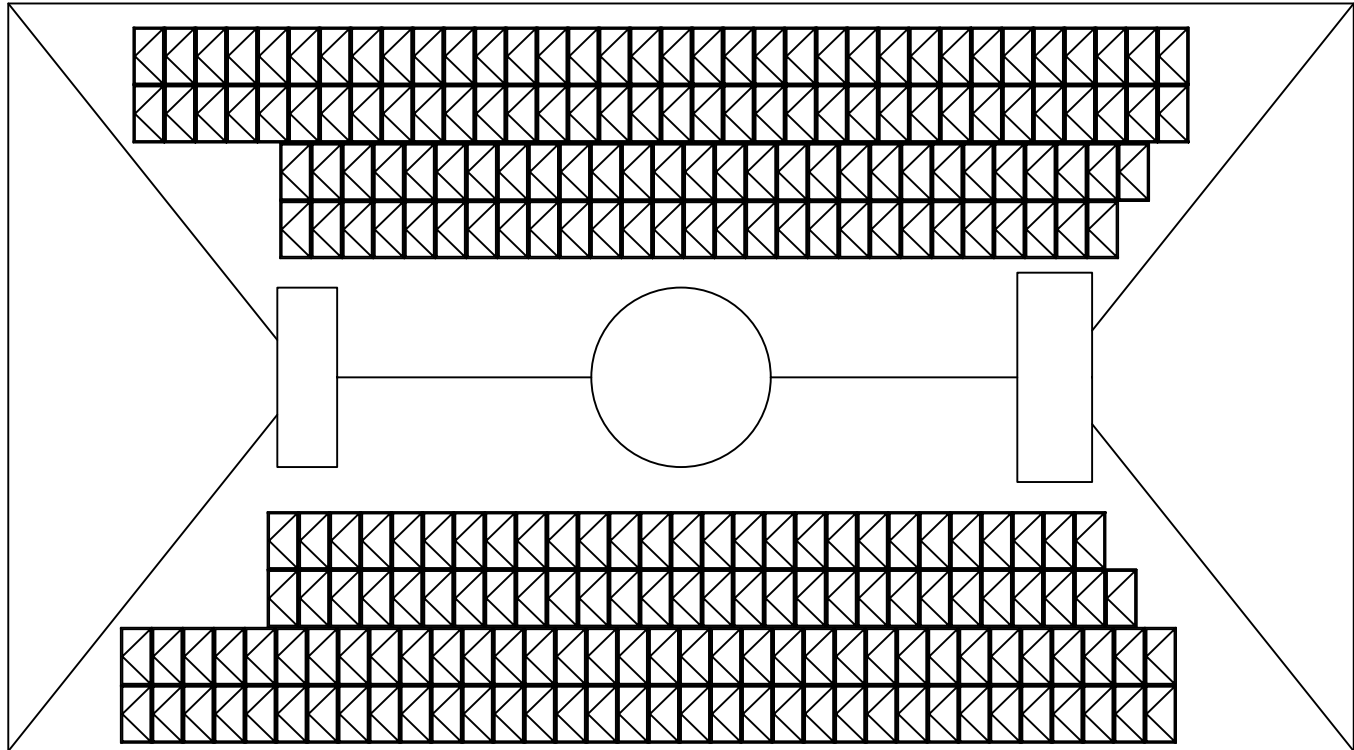
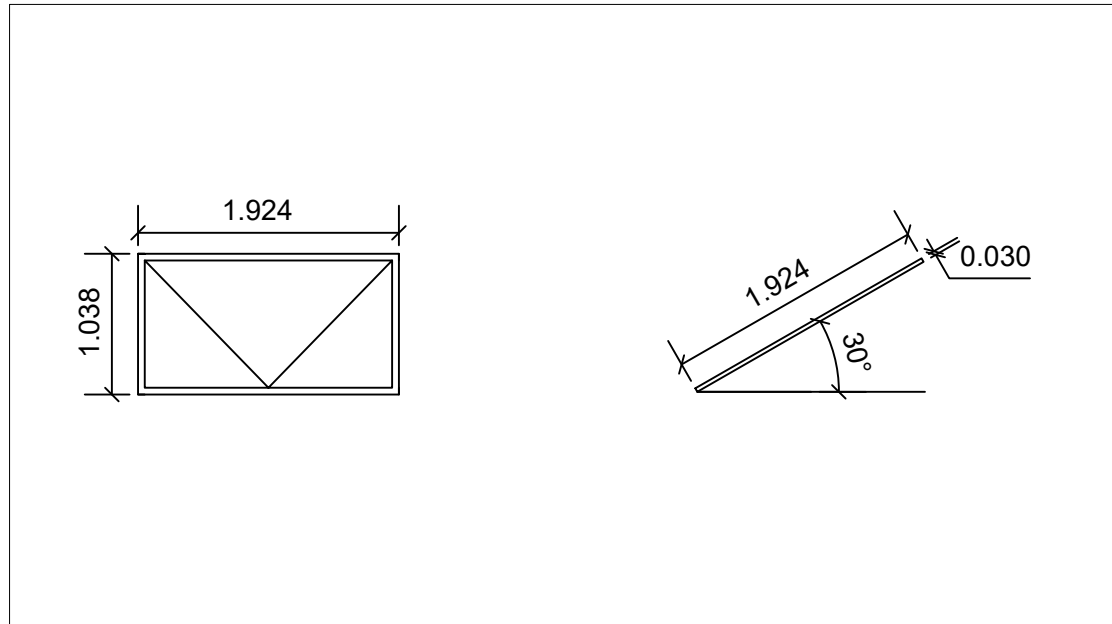
INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA		E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO				
TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ				
ESQUEMA UNIFILAR ESCUELA DE IDIOMAS				Nº P. : 4




# INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA		E.S.I.T. Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
<i>ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO</i>				
<i>TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ</i>				
DISTRIBUCIÓN PLACAS SOLARES EDIFICIO DE VIVIENDAS				Nº P. : 5



**INSTALACIÓN EN BT FOTOVOLTAICA PARA EDIFICIOS EN MODO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA**

MAYO-2023	TRABAJO DE FIN DE GRADO	4º GIEIA		<b>E.S.I.T.</b> Grado Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
<i>ARITZ JOSÉ PADRONES BACALLADO</i>				
<i>TUTOR: JOSE FRANCISCO GOMEZ GONZALEZ</i>				
<b>DISTRIBUCIÓN PLACAS SOLARES ESCUELA DE IDIOMAS</b>				Nº P. : 6

# Hi-MO 4m

## LR4-66HPH 405~425M

- Suitable for distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
  - M6 Gallium-doped Wafer
  - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

12

12-year Warranty for  
Materials and Processing

25

25-year Warranty for Extra  
Linear Power Output

### Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2015: ISO Quality Management System

ISO 14001:2015: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

ISO 45001: 2018: Occupational Health and Safety

**LONGI**



**21.3%**  
MAX MODULE  
EFFICIENCY

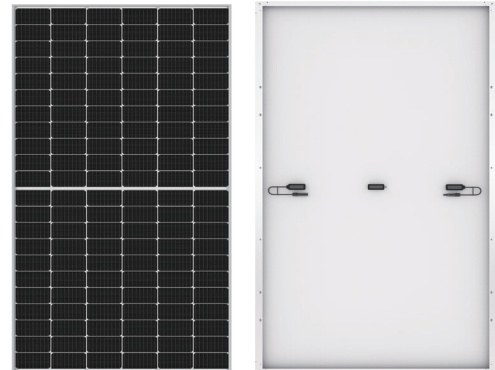
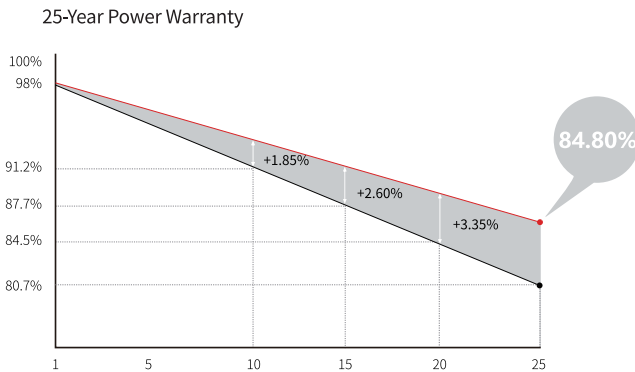
**0~3%**  
POWER  
TOLERANCE

**<2%**  
FIRST YEAR  
POWER DEGRADATION

**0.55%**  
YEAR 2-25  
POWER DEGRADATION

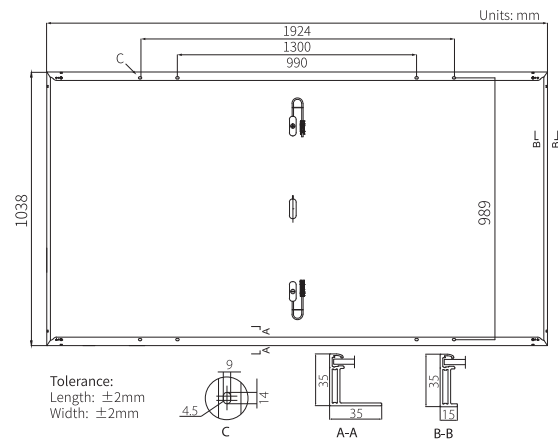
**HALF-CELL**  
Lower operating temperature

## Additional Value



## Mechanical Parameters

Cell Orientation	132 (6×22)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , 1200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	22.0kg
Dimension	1924×1038×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 744pcs per 40' HC



## Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m<sup>2</sup> 25°C    NOCT : AM1.5 800W/m<sup>2</sup> 20°C 1m/s    Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR4-66HPH-405M		LR4-66HPH-410M		LR4-66HPH-415M		LR4-66HPH-420M		LR4-66HPH-425M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	405	304.2	410	308.0	415	311.7	420	315.5	425	319.3
Open Circuit Voltage (Voc/V)	45.00	42.32	45.20	42.50	45.40	42.69	45.60	42.88	45.80	43.07
Short Circuit Current (Isc/A)	11.50	9.33	11.57	9.38	11.65	9.44	11.73	9.52	11.81	9.57
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	37.80	35.19	38.00	35.37	38.20	35.56	38.40	35.74	38.60	35.93
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.72	8.65	10.79	8.71	10.87	8.77	10.94	8.83	11.02	8.89
Module Efficiency(%)	20.3		20.5		20.8		21.0		21.3	

## Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

## Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

## Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C



**SMA ShadeFix**  
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Servicio de monitorización premium  
**SMA SMART CONNECTED**



### Mayor flexibilidad

- Para grandes instalaciones de tejado y en campos abiertos hasta el rango de los MW
- 12 seguidores del MPP
- 24 strings con conectores de enchufe Sunclix de 1100 V CC

### Mayor potencia

- 110 kW para estándar de 400 V CA
- Rápida puesta en marcha sin DC-Combiner adicional
- Rendimiento máximo del 98,6 %

### Mayor rendimiento

- Servicio de monitorización premium para un rendimiento fiable de la planta
- El máximo rendimiento gracias a una solución de software integrada SMA ShadeFix

### Mayor integración del sistema

- Flexible y ampliable de cara al futuro en SMA Energy System Business
- Gestión de la energía integral con ennexOS
- Gran seguridad de IT

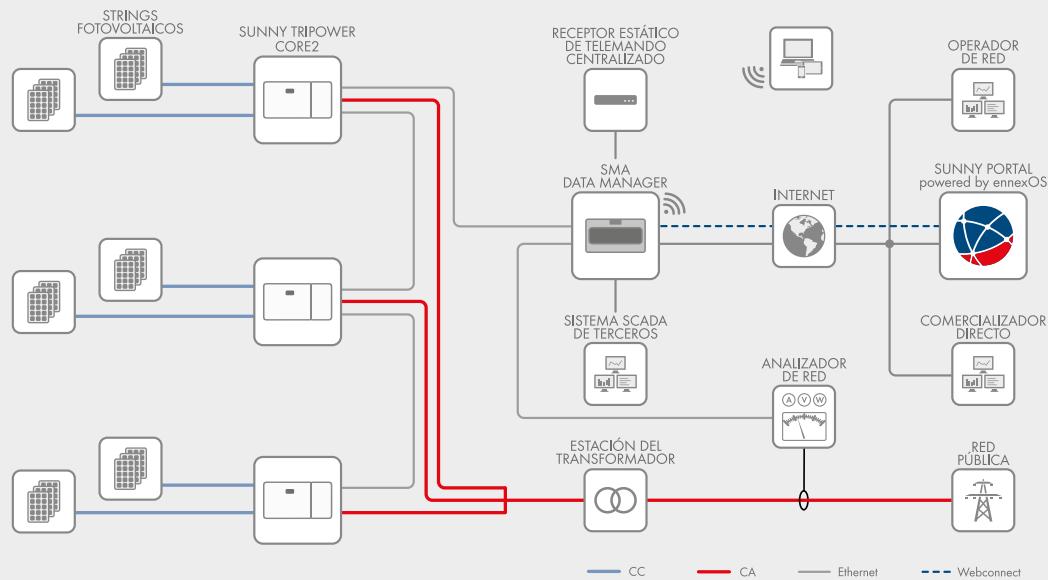
## SUNNY TRIPOWER CORE2

Diseño de la planta flexible y el máximo rendimiento gracias a funciones integradas

Diseño de la planta flexible para plantas fotovoltaicas comerciales mayores: el Sunny Tripower CORE2 es el inversor ideal para estructuras de plantas descentralizadas hasta el rango de los megavatios. Con una potencia de 110 kilovatios, 24 strings y 12 seguidores del MPP, el Sunny Tripower CORE2 permite un grado de cobertura solar especialmente elevado durante el transcurso del día en plantas en campo abierto, así como con diferentes inclinaciones en los tejados. La solución de software integrada SMA ShadeFix optimiza en todo momento el rendimiento de la planta de forma automática, incluso con módulos parcialmente a la sombra. El servicio de monitorización automática SMA Smart Connected, gracias a una detección de averías precoz, ofrece también el máximo rendimiento de la planta fotovoltaica.

Con el Sunny Tripower CORE2 como componente central del SMA Energy System Business, los instaladores y los operadores de la planta se benefician de componentes de alta calidad de un mismo proveedor y de las posibilidades de ampliación a futuro con soluciones de almacenamiento de SMA.





Datos técnicos	Sunny Tripower CORE2
<b>Entrada (CC)</b>	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	165000 Wp STC
Tensión de entrada máx.	1100 V
Rango de tensión del MPP	500 V a 800 V
Tensión asignada de entrada	585 V
Tensión de entrada mín. / Tensión de entrada de inicio	200 V / 250 V
Corriente de entrada máx. por seguidor del MPP / Corriente de cortocircuito máx. por seguidor del MPP	26 A (22 A < 600 V) / 40 A
Cantidad de seguidores del MPP independientes / Strings por seguidor del MPP	12 / 2
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia asignada a tensión nominal	110000 W
Potencia máx. aparente de CA	110000 VA
Tensión nominal de CA	400 V
Rango de tensión de CA	320 V a 460 V
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz / 45 Hz a 55 Hz 60 Hz / 55 Hz a 65 Hz
Frecuencia de red asignada	50 Hz
Corriente máx. de salida	159 A
Factor de potencia a potencia asignada / Factor de desfase ajustable	1 / 0,8 inductivo a 0,8 capacitivo
Armónicos (THD)	< 3 %
Fases de inyección / Conexión de CA	3 / 3-PE
<b>Rendimiento</b>	
Rendimiento máx. / Rendimiento europeo	98,6 % / 98,4 %
<b>Dispositivos de protección</b>	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra / Monitorización de red / Protección contra polarización inversa de CC	● / ● / ●
Resistencia al cortocircuito de CA / Con separación galvánica	● / -
Dispositivo de monitorización de corriente residual sensible a cualquier corriente	●
Descargadores de sobretensión (tipo II) CA/CC monitorizados	● / ●
Clase de protección (según IEC 62109-1) / Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II
<b>Datos generales</b>	
Dimensiones (ancho / alto ∅/ fondo)	1117 mm / 682 mm / 363 mm (44,0 in / 26,9 in / 14,3 in)
Peso	93,5 kg (206,1 lb)
Rango de temperaturas de funcionamiento	De -30 °C a +60 °C (de -22 °F a +140 °F)
Emisiones de ruido, máximo (1 m)	78 db(A)
Autoconsumo (nocturno)	< 5 W
Topología / Principio de refrigeración	Sin transformador / Refrigeración activa
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP66
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %
<b>Equipamiento / Función / Accesorios</b>	
Conexión de CC/CA	Sunclix / Terminal de cable (hasta 240 mm <sup>2</sup> )
Indicador led (estado / error / comunicación)	●
Interfaz ethernet	● (2 puertos)
Interfaz de datos	Interfaz web / Modbus SunSpec
Tipo de montaje	Montaje en pared / Montaje en bastidor
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 años	● / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (selección)	IEC 62109-1/-2, EN50549-1/-2:2018, VDE-AR-N 4105/4110/4120:2018, IEC 62116, IEC 61727, C10/C11 LV2/MV1:2018, CEI 0-16:2019, AS/NZS 4777.2, SI 4777, TOR Erzeuger tipo A/B
Modelo comercial	STP 110-60

● De serie ○ Opcional - No disponible Datos en condiciones nominales Versión: 10/2021



# SMA Commercial Storage Solution

La nueva solución integral de almacenamiento de energía para el sector comercial.

## Soporte integral de sistema

- Servicio de diseño Sunny Design
- Formación sobre sistemas y baterías
- Asistencia para la puesta en marcha
- Servicio técnico de SMA para todo el sistema

## Flexibilidad absoluta

- Escalabilidad de la capacidad de almacenamiento y de CA
- Utilizable con y sin energía fotovoltaica
- Todo listo para la energía de respaldo

## Larga vida útil y seguridad de la inversión

- Elementos de batería de alta calidad
- Hasta 8000 ciclos de carga completos

## Gestión inteligente de la energía

- Optimización del autoconsumo, bloqueo de carga máxima
- Multiuso como combinaciones de diferentes modos
- Monitorización gratuita gracias al Sunny Portal de SMA

\*) Solo válido tras el registro del sistema en SMA. Batería: 10 años de garantía de capacidad. Se aplican las condiciones de la garantía de SMA.

## La nueva solución de almacenamiento comercial se instala con facilidad y ofrece un amplio soporte a lo largo del ciclo de vida completo del producto.

Desde el cálculo del perfil de carga y de ROI con Sunny Design hasta la asistencia para la puesta en marcha y las formaciones con certificación sobre sistemas y baterías: todo de la mano de un solo proveedor.

Gracias a la modularidad de los componentes, es posible llevar a cabo con facilidad un diseño o una ampliación flexibles. El sistema ya cuenta con todo lo necesario para una aplicación de alimentación de respaldo, y funciona tanto con energía fotovoltaica como sin ella.

A través del System Manager integrado, la puesta en marcha y la conexión de otros componentes de SMA como el inversor fotovoltaico, el EV Charger o los sensores son mucho más sencillas.

La gestión de la energía integrada permite una gran variedad de aplicaciones de almacenamiento. Ya sea para la optimización del autoconsumo, el bloqueo de la carga máxima o una combinación de ambas opciones con Multi-Use: todo se traduce en una reducción permanente de los costes de energía para los clientes, permitiendo también que sea posible planificarlos a nivel empresarial.

# SUNNY TRIPower STORAGE X

Datos técnicos	Sunny Tripower Storage X 30	Sunny Tripower Storage X 50
<b>Conexión de batería (CC)</b>		
Potencia de CC máx.	30600 W	51000 W
Rango de tensión de CC	200 V a 980 V	
Máx. corriente de entrada útil (I <sub>CC</sub> máx.)	150 A	
Tipo de batería	Iones de litio	
<b>Conexión a red (CA)</b>		
Potencia asignada a tensión nominal	30000 W	50000 W
Potencia máx. aparente de CA	30000 VA	50000 VA
Potencia reactiva máx.	30000 var	50000 var
Tensión nominal de CA	400 V, ±15 %	
Rango de tensión de CA	340 V a 477 V	
Frecuencia de red asignada	50 Hz / 60 Hz	
Rango de frecuencia de red	44 Hz a 66 Hz	
Corriente de salida máx.	45,6 A por conductor de fase	75,5 A por conductor de fase
Factor de potencia a potencia asignada / Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo	
Fases de inyección / Fases de conexión	3 (L1, L2, L3) / 5 (L1, L2, L3, N, PE)	
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx./Europ. Rendimiento	98,0 % / 97,6 %	98,0 % / 97,2 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Monitorización de red	●	
Sobretensión/Descarga total de la batería	● / ●	
Resistencia al cortocircuito de CA/Con separación galvánica	● / -	
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	
Clase de protección (según IEC 62109-1) / Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I / CA: II; CC: III	
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	772 / 837,3 / 443,8 mm (30,4 / 33 / 17,5 pulgadas)	
Peso	104 kg (229 lb)	
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F) con derrateo	
Emisión sonora, típica	69 dB(A)	
Autoconsumo	25W (si CA + CC están conectados)	
Topología / Principio de refrigeración	Trifásico/activo	
Tipo de protección (según IEC 60529/UL 50E)	IP65 / NEMA 4X	
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4 / 4Z4 / 4S2 / 4M3 / 4C2 / 4B2	
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	95%	
<b>Equipamiento / Función / Accesorios</b>		
Conexión de CC/CA	Borne roscado/Borne roscado	
Comunicación / Protocolos	Modbus (SMA, Sunspec), SMA Speedwire/Webconnect	
Indicador LED (estado/error/comunicación)	● / ● / ●	
Funciones de gestión energética	Optimización del autoconsumo, bloqueo de carga máxima, Multiuso	
Pantalla/interfaz de usuario web/WLAN <sup>3)</sup>	○ / ●	
Reequipamiento en plantas con inversores de terceros	●	
Monitorización de la planta	Sunny Portal powered by ennexOS	
Interfaz de batería	Ethernet, (Modbus)	
Corriente de respaldo (Backup)	en preparación	
<b>Función de gestor de sistemas</b>		
Número total de equipos compatibles si el sistema se administra a través de un Sunny Tripower Storage <sup>1)</sup>	5	
Número total de equipos compatibles si el sistema se administra mediante un SMA Data Manager M <sup>1)</sup> o a través de eProduct <sup>2)</sup>	50	
Puesta en marcha centralizada de todos los equipos en el sistema	●	
Parametrización remota de equipos de SMA con Sunny Portal powered by ennexOS	●	
Modelo comercial	STPS30-20	STPS50-20

● De serie ○ Opcional - No disponible Datos en condiciones nominales Versión: 03/2023

1) Equipos compatibles: SMA EV Charger Business, inversor fotovoltaico, Sunny Tripower y Energy Meter

2) Producto eléctrico en preparación

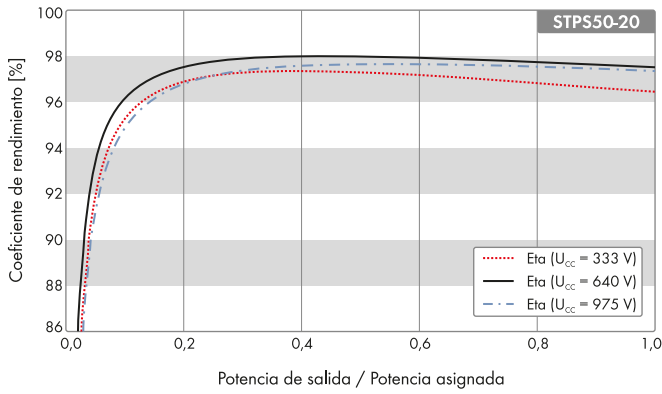
3) solo para la puesta en marcha

## SMA COMMERCIAL STORAGE

Datos técnicos	SMA Commercial Storage 30	SMA Commercial Storage 50
<b>Conexión</b>		
Energía	32 kWh (con una profundidad de descarga de 100 %)	56 kWh (con una profundidad de descarga de 100 %)
Tensión nominal	324 V	567 V
Tensión de funcionamiento mín./tensión de funcionamiento máx.	282 V / 365 V	493 V / 639 V
Corriente nominal de carga/descarga	100 A	100 A
C-Rate máx.	1C (en combinación con STPS30-20)	1C (en combinación con STPS50-20)
Celda	Litio NMC prismática (Samsung SDI)	
Equilibrio de celdas	Dynamix Battery Optimizer	
ciclos esperados @ 100 % DoD   70 % EoL   23 °C +/-5 °C 1C/1C	6000	
ciclos esperados @ 100 % DoD   70 % EoL   23 °C +/-5 °C 0,5C/0,5C	8000	
ciclos garantizados @ 100 % DoD   70 % EoL   23 °C +/-5 °C 1C/1C	4500	
ciclos garantizados @ 100 % DoD   70 % EoL   23 °C +/-5 °C 0,5C/0,5C	6000	
Autoconsumo (en stand-by)	5 W (sin inversor de batería)	
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento (batería)	hasta el 98 %	
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	608 mm / 1400 mm / 990 mm	608 mm / 2008 mm / 990 mm
Peso total	356 kg	555 kg
Armarío	119 kg	150 kg
Módulo de batería	56 kg	
Sistema de gestión de baterías (APU)	13 kg	
Temperatura de servicio	De 0 °C a 50 °C	
Temperatura ambiente	De 0 °C a 50 °C	
Humedad del aire	Del 0% al 80% (sin condensación)	
Concepto de refrigeración	pasiva mediante ranuras de aire y activa mediante ventilador	
Altitud del lugar de colocación	< 2000 s. n. m.	
Tipo de protección/clase de protección	IP20 / I	
Reciclaje	retirada gratuita de las baterías desde Alemania	
Certificados y normas de celda	IEC 62619, UL 1642, UN 38.3	
Certificados y normas de producto	CE, UN 38.3, IEC 62619, IEC 62620, IEC 61010-1, IEC 61508, IEC 61000-6-2/4/7, 2006/66/CE (directiva de baterías)	
Denominación de la batería según DIN EN 62620:2015	INP46/175/127/[1P22S]M/-20+60/90	
Modelo comercial	Storage-30-20	Storage-50-20

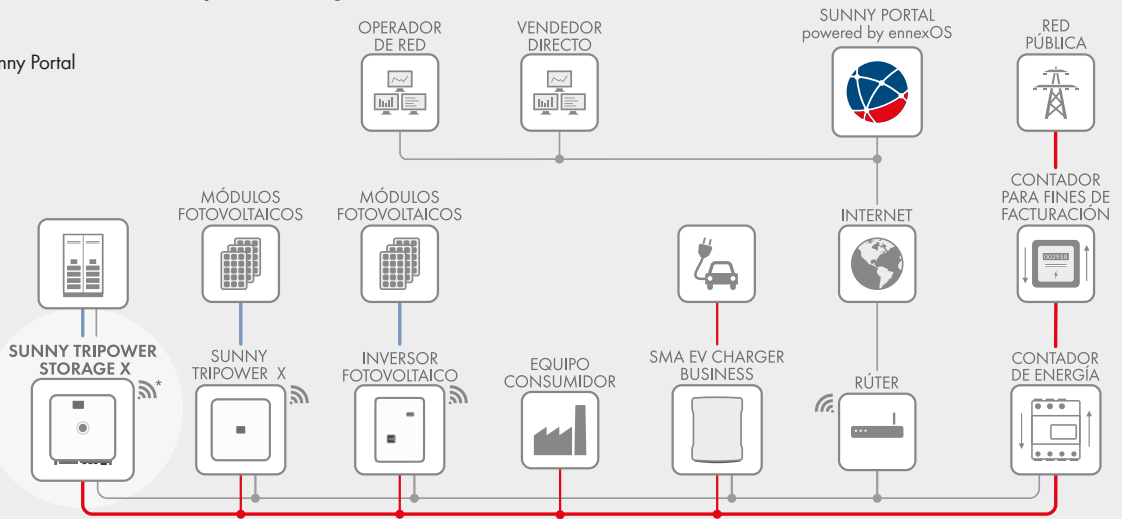
Opciones de pedido	ESSX-30-20	ESSX-50-20
componentes:	STPS30-20 Storage-30-20 SMA Commercial Energy Meter	STPS50-20 Storage-50-20 SMA Commercial Energy Meter

## Curva de rendimiento



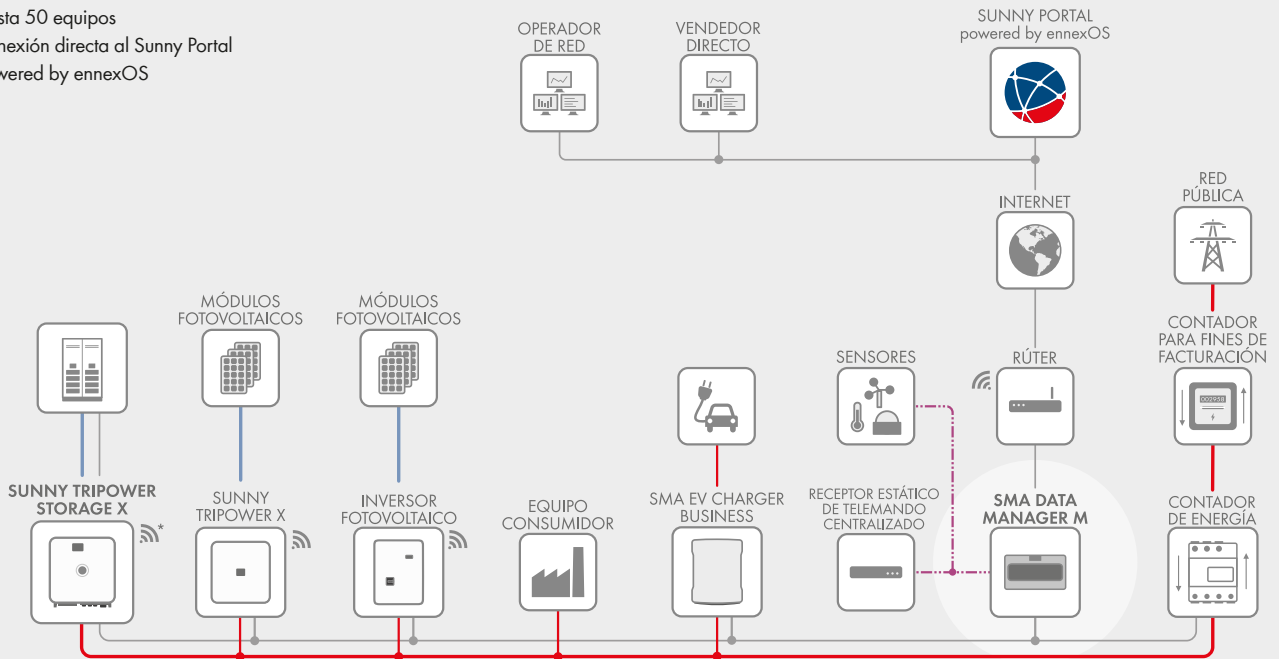
### SUNNY TRIPOWER STORAGE X como System Manager

- Hasta 5 equipos
- Conexión directa al Sunny Portal powered by ennexOS



### SUNNY TRIPOWER STORAGE X con SMA DATA MANAGER M como System Manager

- Hasta 50 equipos
- Conexión directa al Sunny Portal powered by ennexOS



\*) solo para la puesta en marcha — CC — CA — Ethernet/Internet — Radio — Señales externas

# SUNNY TRIPOWER STORAGE 60

STPS 60-10

**NUEVO: el modo de funcionamiento Multi-Use aumenta la rentabilidad del sistema completo**



## Eficiente

- La mayor densidad de potencia hasta 75 kVA, con solo 77 kg de peso
- Rendimiento máximo del 98,8 %
- Multi-Use: reducción de los picos de carga y optimización del autoconsumo

## Versátil

- Funcionamiento en los cuatro cuadrantes
- Adecuado para baterías de alto voltaje
- Fácil de integrar con la comunicación Modbus estándar

## A medida

- Ampliable por módulos hasta un rango de MW
- Un solo Inverter Manager puede controlar hasta 20 inversores

## Universal

- Permite aplicaciones muy variadas
- Ideal para el segmento comercial e industrial
- El complemento perfecto para su instalación de SMA

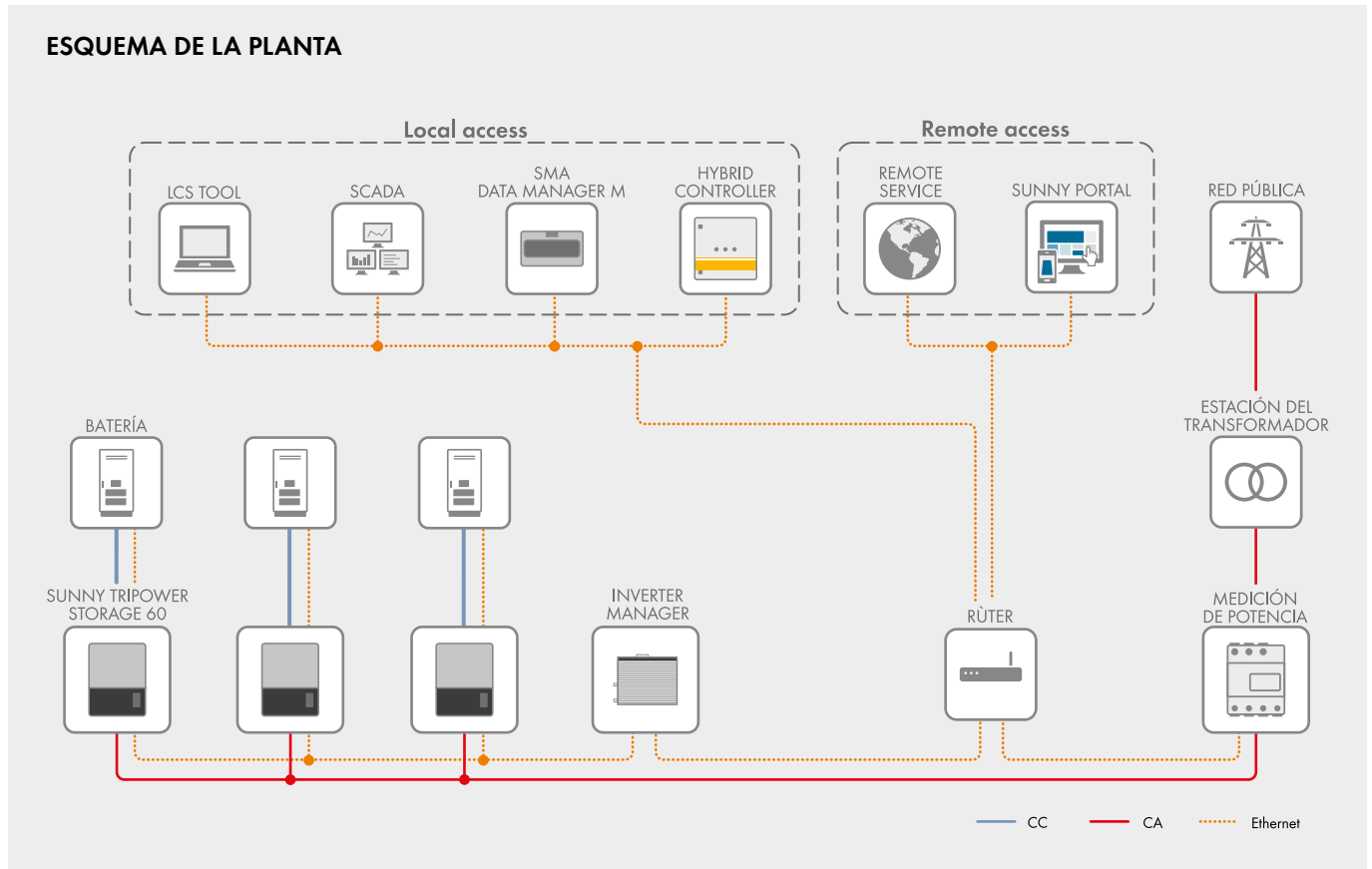
## SUNNY TRIPOWER STORAGE 60

La mayor densidad de potencia para aplicaciones flexibles

El nuevo Sunny Tripower Storage 60 es la solución perfecta para aplicaciones de almacenamiento comerciales e industriales. Como es posible ampliarlo de forma modular, el Sunny Tripower Storage 60 garantiza la máxima flexibilidad hasta el rango de los MW. Los clientes de los segmentos comerciales e industriales pueden beneficiar de una versatilidad extraordinaria a bajo coste. El Sunny Tripower Storage ofrece posibilidades de uso variadas, y abre la puerta a nuevos modelos comerciales, como por ejemplo, la gestión de los picos de carga, las tarifas según discriminación horaria, el aumento del consumo de energía fotovoltaica en instalaciones conectadas a la red, o el ahorro de combustible en instalaciones híbridas fotovoltaica/diésel.

# SUNNY TRIPOWER STORAGE 60

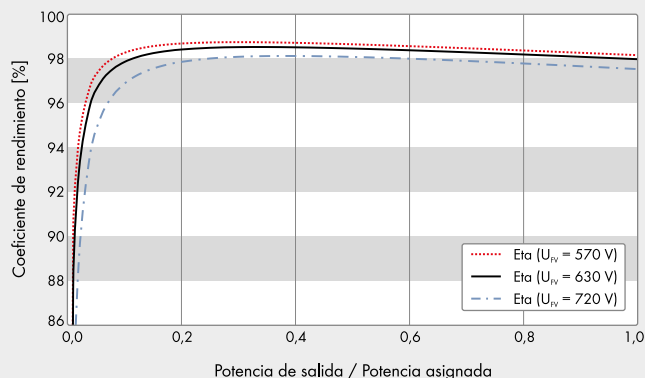
## ESQUEMA DE LA PLANTA



Datos técnicos	SMA Inverter Manager
<b>Suministro de tensión</b>	
Tensión de entrada	9 Vcc a 36 Vcc
Consumo de potencia	< 20 W
<b>Datos generales</b>	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	160/125/49 mm (6,3/4,9/1,9 in)
Peso	940 g (2 lb)
Tipo de protección	IP21
Montaje	Carril DIN o montaje mural
Cantidad máxima de inversores conectables	20
Cantidad máxima de gestiones avanzadas de baterías conectables	20
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 °C a +85 °C (-40 °F a +185 °F)
Humedad relativa del aire (sin condensación)	5 % a 95 %
<b>Interfaces</b>	
Interfaz de usuario del ordenador	LCS-Tool
Interfaz de sensores/Protocolo	RS485/Modbus RTU para SunSpec Alliance
Interfaz del inversor	1 puerto ethernet (RJ45)
Interfaz para la red externa/Protocolo	1 puerto ethernet (RJ45)/Modbus TCP, SunSpec Alliance
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	UL 508, UL 60950-1, CSA C22.2 n.º 60950-1-07, EN 60950-1, EN 55022 clase A, EN 61000-3-2 clase D, EN 61000-3-3, EN 55024, FCC parte 15, subparte B clase A
Modelo comercial SMA Inverter Manager	IM-20



## Curva de rendimiento



- 1) A partir de los valores del inversor fotovoltaico SHP 75-10  
 2) No válido para todos los apéndices nacionales de la norma EN 50438 o EN 50549  
 3) Con limitaciones (consulte la declaración del fabricante o los certificados)

● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible

Datos en condiciones nominales

Edición: 03/2022

### Datos técnicos

#### Conexión de batería (CC)

Potencia de carga máx. de CC

Rango de tensión de CC

Corriente continua máx.

Tipo de batería

#### Conexión a red (CA)

Potencia asignada a tensión nominal

Potencia máx. aparente de CA

Potencia reactiva máx.

Tensión nominal de CA

Rango de tensión de CA

Frecuencia de red de CA/Rango

Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red

Corriente máx. de salida

Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable

THD

Fases de inyección/Fases de conexión

#### Rendimiento

Rendimiento máximo<sup>1)</sup>

#### Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada

Monitorización de toma a tierra/Monitorización de red

Descargador de sobretensión de CC/CA integrables

Resistencia al cortocircuito de CA/Con separación galvánica

Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal

Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)

#### Datos generales

Dimensiones (ancho/alto/fondo)

Peso

Rango de temperaturas de funcionamiento

Emisión sonora, típica

Autoconsumo (en stand-by)

Topología/Principio de refrigeración

Tipo de protección (según IEC 60529/UL 50E)

Clase climática (según IEC 60721-3-4)

Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

#### Equipamiento/Función/Accesorios

Conexión de CC/CA

Pantalla

Interfaz de datos

Apto para sistemas aislados/con SMA Fuel Save Controller

Garantía: 5/10/15/20 años

Certificados y autorizaciones (otros a petición)

Modelo comercial

### Sunny Tripower Storage 60

60000 W

575 V a 1000 V

140 A

Li-ion

75000 W

75000 VA

75000 Var

3/PE, 400 V, ±10 %

360 V a 530 V

50 Hz/44 Hz a 55 Hz

60 Hz/54 Hz a 65 Hz

50 Hz/400 V

109 A

1/0 inductivo a 0 capacitivo

≤ 1 %

3/3

98,8 %

●

● / ●

Tipo II/III + III (combinado)

● / –

●

I/CA: III; CC: II

570/740/306 mm (22,4/29,1/12 in)

77 kg (170 lb)

De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)

58 dB(A)

< 3 W

Sin transformador/Activo

IP65/NEMA 3R

4K4H/4Z4/4B2/4S3/4M2/4C2

95 %

Borne roscado/Borne roscado

Gráfica

SunSpec Modbus TCP (a través del SMA Inverter Manager externo)

– / ●

● / ○ / ○ / ○

C10/11:2019, EN 50438:2013<sup>2)</sup>, EN 50549-1/-2:2019, G99/1-3:2018<sup>3)</sup>, G99-NI:2019, IEC 62116, IEC 61727, IEC 62109-1/-2, NA-EEA-NE7 CH 2020, NRS 097-2-1:2017<sup>3)</sup>, PN-EN 50549-1/2, TOR Erzeuger Typ A:2019, UTE C 15-712-1, VDE-AR-N 4105:2018-11, VDE-AR-N 4110:2018-11, VDE 0126-1-1/A1, VFR 2019

STPS60-10

# DISFRUTAR DE NUEVOS MODELOS COMERCIALES

## conseguidos con Sunny Tripower Storage 60

Esta solución de SMA para aplicaciones industriales y de almacenamiento comercial, ofrece a los usuarios de dichos sectores la oportunidad de utilizar una gran variedad de nuevos modelos comerciales. El Sunny Tripower Storage 60 permite la integración rentable de sistemas de baterías en conceptos energéticos preparados para el futuro con o sin planta fotovoltaica.

### **Nivelación de los picos de carga “Peak Load Shaving”**

Cobertura de los picos de demanda mediante un sistema de almacenamiento, reduciendo así los precios asociados a la potencia contratada. Esto evita los costes derivados de los altos precios de la potencia para los clientes comerciales e industriales.

### **Incremento del autoconsumo fotovoltaico**

Almacenamiento temporal de la energía solar para su uso posterior y para reducir costes energético.

### **Multi-Use**

La función Multi-Use permite utilizar al mismo tiempo la opción de reducción de picos de carga (“peak load shaving”) y la optimización del autoconsumo. De este modo, la electricidad procedente de la planta fotovoltaica se aplica de forma aún más eficiente y aumenta la rentabilidad del sistema completo.

### **Modelo de negocio basado en las tarifas/modelos de gestión**

Almacenamiento de energía en las horas de tarifa más barata para su uso en las horas de tarifa más cara.

### **Mercado energético**

Aumento de la rentabilidad del negocio de la energía, a partir de la predicción de energía fotovoltaica disponible.

### **Movilidad eléctrica**

Suministro de energía para uso público, a través de una estación de carga de vehículos eléctricos alimentada con energía solar.



reddot design award

#### Quick and easy

- Easy integration of devices
- Centralized commissioning of all integrated components

#### Future-proof and flexible

- Flexibly expandable anytime
- Access to the energy market of the future based on ennexOS

#### Functional

- Complies with international grid-integration requirements
- Combine storage systems, energy generators and e-mobility

#### Reliable and convenient

- Remote monitoring and parameterization possible
- Detailed analytics, error messages and reporting through Sunny Portal

## SMA DATA MANAGER M LITE / SMA DATA MANAGER M

One system. Many options. For your individual needs.

In combination with the Sunny Portal powered by ennexOS, the Data Manager M enables monitoring, management and grid-compliant power control in decentralized PV systems. Thanks to flexible expansion options, the Data Manager M is already well-equipped for business models in the energy market of the future. Whether as a cost-effective Lite variant for smaller systems with up to five devices and 30 kVA, or as an expanded solution for up to 50 devices and an installed inverter power of 2.5 MVA in closed-loop control mode or 7.5 MVA in open-loop control mode or monitoring mode only – the Data Manager is the ideal professional system interface for electric utility companies, direct sellers, service technicians and PV system operators. Coordinated user interfaces and intuitive assistance functions simplify operation, parameterization and commissioning. Both variants are modularly expandable with many additional functions and interfaces.

# SMA DATA MANAGER M Lite

## Easy monitoring and control of PV applications, battery-storage systems and e-mobility.

The Data Manager M Lite monitors, controls and regulates up to five devices in one application with up to 30 kVA. It therefore meets all current requirements of grid operators for active and reactive power control. We are continuously developing software expansion options tailored to customer needs. Automatic firmware updates keep the device up to date with the latest safety and performance standards.

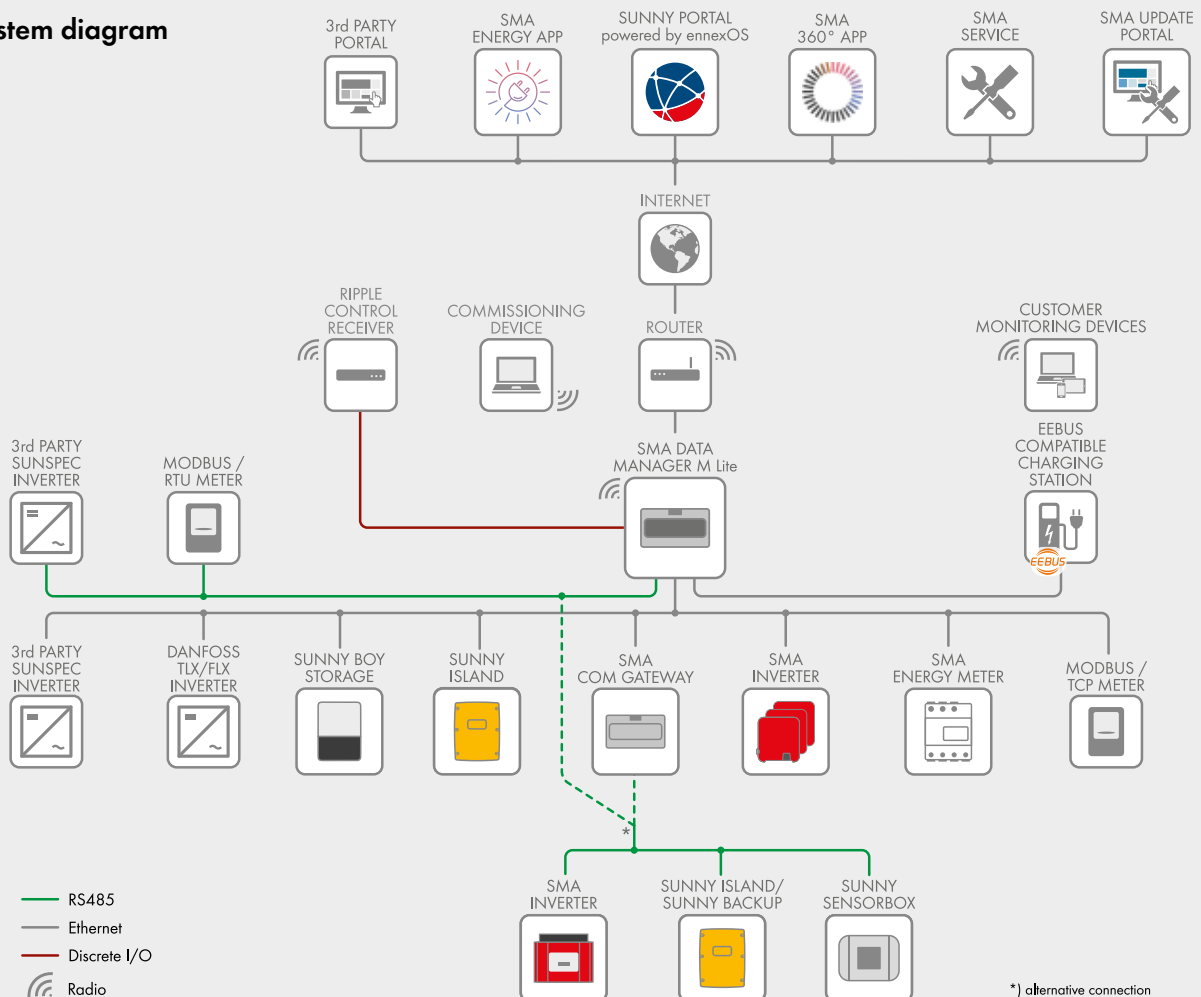
### Benefits at a glance:

- Remote parameterization saves time and money
- Event and information reports for fast error analysis
- Automatic monitoring of PV components thanks to SMA Smart Connected
- Various options for open-loop and closed-loop control of active and reactive power such as zero feed-in or Q(U)
- Compatible with the SMA 360° App (for installers) and the Energy App (for end users)
- Extension for EEBUS, e-mobility support (for example, with Audi e-tron charging system connect)
- Satellite-based performance ratio for 24 months included



With intelligent charging technology from SMA, e-mobility makes sense both environmentally and economically. The Data Manager M Lite ensures that charging electric vehicles takes priority when the PV system is producing enough solar energy or the grid current is particularly favorable. Combined with an EEBUS-compatible charging station, the SMA Data Manager M Lite automatically schedules the charging process for electric vehicles according to the individual requirements of its users. With the Energy App and the Sunny Portal for system monitoring, you can keep constant track of your energy budget and uncover additional energy saving potential.

### System diagram



# SMA DATA MANAGER M

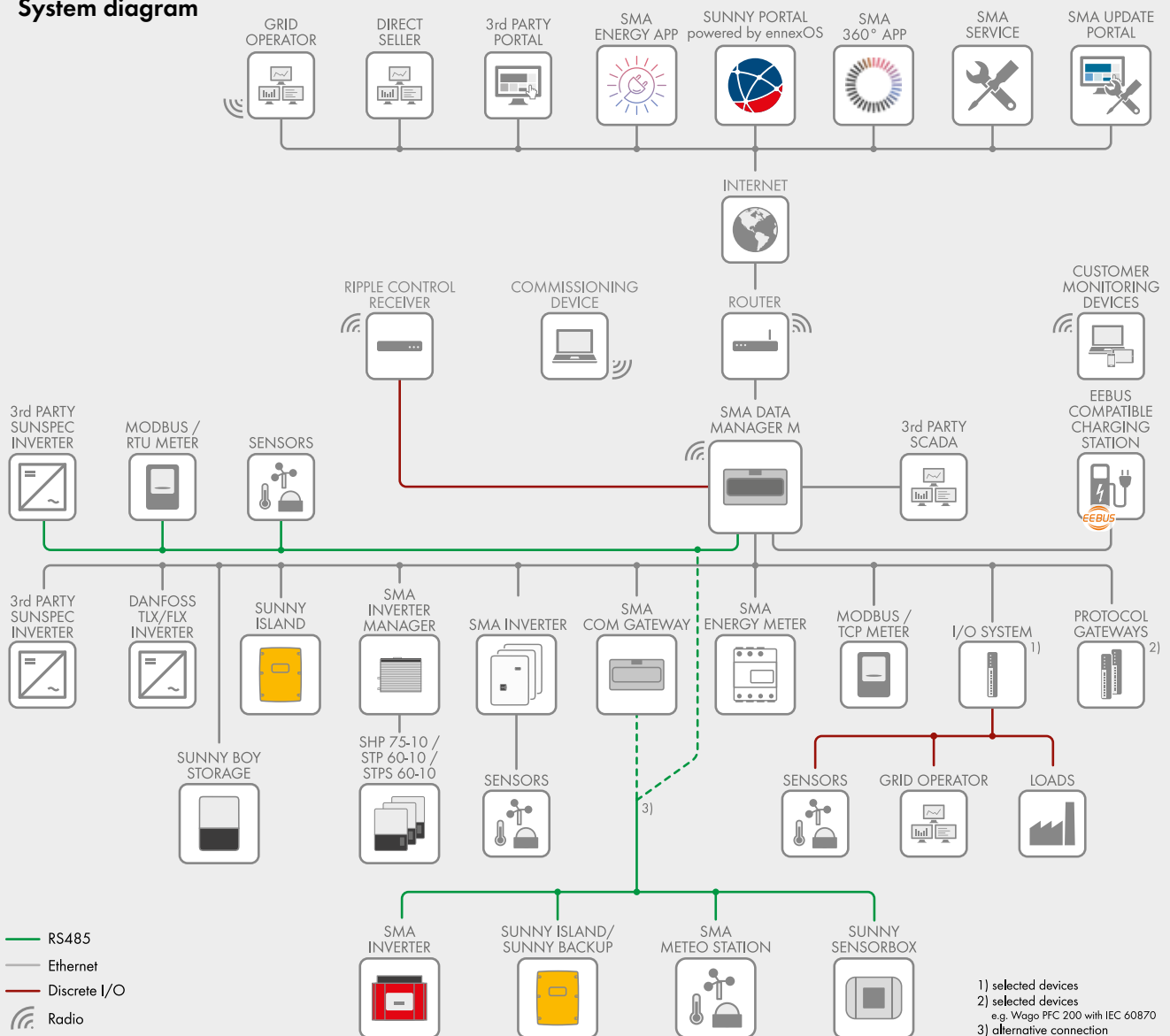
## Professional monitoring and control for decentralized energy systems up to the megawatt range.

The Data Manager M is the perfect monitoring and control solution for decentralized large-scale PV power plants with up to 50 devices and an installed inverter power of 2.5 MVA in closed-loop control mode or 7.5 MVA in open-loop control mode or monitoring mode only. Thanks to the RS485 and Ethernet interfaces as well as analog and digital input and output systems, users benefit from particularly versatile connection options. The Data Manager M is the professional system interface for electric utility companies, direct sellers, service technicians and PV system operators.

### Benefits at a glance:

- Centralized management for decentralized large-scale PV power plants thanks to satellite-based data; cluster solutions with several data managers possible (master slave application)
- Remote parameterization saves time and money
- Flexible integration options for battery-storage systems
- Direct selling with SMA SPOT
- Automatic monitoring of PV components thanks to SMA Smart Connected

### System diagram



Technical data	SMA DATA MANAGER M Lite	SMA DATA MANAGER M
<b>Master data</b>		
Total number of supported devices - of which:	5	50
Maximum number of supported PV inverters	5	50
Maximum number of supported PV inverters via Modbus Sunspec (e.g., SMA CORE2)	5	20
Maximum number of supported battery inverters	1	50
Maximum number of supported energy meters (electric current and gas), generators from energy meters, I/O systems, sensors	5	50
Maximum system power PV inverters (nominal AC power)	30 kVA	2.5 MVA (Closed-loop control)
Maximum system power battery inverters (nominal AC power)		7.5 MVA (Open-loop control or only monitoring)
Automatic data recording for virtual generators from energy meters (PV inverter, combined heat and power plant, gas meter, diesel generator, hydroelectric power plant)	●	●
<b>Connections</b>		
Voltage supply	2-pin connection, MINI COMBICON	
RS485	6-pin connection, MINI COMBICON	
Network (LAN)	2 x RJ45, switched, 10 BaseT/100 BaseT	
USB (for product updates)	1 x USB 2.0, type A	
WLAN access point for commissioning and access to the user interface	▲	
<b>Voltage supply</b>		
Voltage supply	External power supply unit (available as an accessory)	
Input voltage	10 V to 30 V DC	
Power consumption	Typically 4 W	
<b>Ambient conditions during operation</b>		
Environment	Restricted class 3K7 reg. IEC60721-3-3	
Ambient temperature	-20 °C to +60 °C	
Permissible range for relative humidity (non-condensing)	5% to 95%	
Maximum operating altitude above MSL	0 m to 3,000 m (≥70 kPa)	
Degree of protection according to IEC 60529	IP20 (NEMA 1)	
<b>General data</b>		
Dimensions (W/H/D)	161.1 mm / 89.7 mm / 67.2 mm	
Weight	220 g	
Mounting location	Indoors	
Mounting type	Top-hat rail mounting / wall mounting	
Status display	LEDs for system and communication status	
<b>Features</b>		
Warranty	2 years	
Certificates and permits (more available upon request)	www.SMA-Solar.com	
<b>Accessories (optional)</b>		
Top-hat rail power supply unit	Input: 100 V to 240 V AC / 45 Hz to 65 Hz / Output: 24 V	
Plug-in power supply	●	
I/O system by Moxa Europe GmbH	ioLogik E1214 (6DI/6 relay outputs), SMA order number: 124179-00.01 ioLogik E1241 (4AO), SMA order number: eIO-E1241 ioLogik E1242 (4AI/4DI/4DIO), SMA order number: eIO-E1242 ioLogik E1260 (6 PT-100), SMA order number: eIO-E1260	
I/O system by WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG	WAGO-I/O-SYSTEM 750 (8DI, 8DO, 4AI, 4AO, 2 PT-100), SMA order number: 115214-00.01	
<b>Communication / protocols</b>		
FTP push (daily / hourly)	● / -	● / ●
WLAN access to the customer network	-	-
SMA Data2+ / SMA Data	● / ●	● / ●
Etherlynx for Danfoss for TLX & FLX		●
Client: Modbus/RTU, Modbus/TCP (also Sunspec)		●
Server: Modbus/TCP		●
<b>Commissioning</b>		
Assistant for local commissioning of connected devices		●
Assistant for parameterization of SMA products connected via Speedwire		●
Remote parameterization of SMA devices with Sunny Portal		●
<b>Updates</b>		
Self-update and connected Speedwire devices via USB		●
Self-update and connected Speedwire devices via SMA Update Portal		●
<b>Grid management services</b>		
Closed-loop control and open-loop control of other SMA Data Managers (master/slave)	-	●
Free configuration of a grid-connection meter (measurement at the point of interconnection)	●	●
Direct selling via SMA SPOT (Germany)	-	●
Various options for open-loop and closed-loop control of active and reactive power		●
Manual inputs or inputs transferred via Modbus		●
Specifications via analog and digital inputs		via external I/O systems
Open-loop and closed-loop active power control (digital inputs)		●
Closed-loop active power control (P(f))		in the SMA inverter
Open-loop and closed-loop reactive power control (Q(V))		●
Fast shutdown via the digital input		●

Technical data	SMA DATA MANAGER M Lite	SMA DATA MANAGER M
<b>Parameterization</b>		
Remote parameterization of connected SMA products using Sunny Portal	●	●
Parameter adjustment between SMA devices connected via Speedwire (local and remote)	●	●
<b>Energy management</b>		
Self-consumption control using battery systems (combined with SBS2.5, SBS3.7-6.0, Sunny Island)	●	●
Self-consumption control using battery systems (combined with STPS60-10)	–	●
Peak load shaving (combined with SBS3.7-6.0)	●	●
Peak load shaving (combined with STPS60-10)	–	●
Optimization of battery systems with time-of-use electricity tariff (combined with SBS3.7-6.0)	●	●
Optimization of battery systems with time-of-use electricity tariff (combined with STPS60-10)	–	●
EEBUS - e-mobility support (for example, with Audi e-tron charging system connect)	○	○
Limiting value based switching of digital outputs (additional hardware required)	●	●
<b>System and device monitoring</b>		
Comprehensive visualization of power and energy values, status and events	●	●
<b>Sunny Portal powered by ennexOS in conjunction with SMA Data Manager M</b>		
<b>Parameterization</b>		
Remote parameterization of Data Manager and suitable connected devices	●	●
<b>System and device monitoring, analysis</b>		
Comprehensive visualization of power and energy values, status and events	●	●
Energy monitoring of a large number of systems in one user account	●	●
Energy balance visualization (different generators, grid-supplied power and grid feed-in)	●	●
Manual data recording for virtual generators from energy meters (PV inverter, combined heat and power plant, gas meter, diesel generator, hydroelectric power plant)	●	●
Measured value evaluation of all data channels of devices and systems	●	●
Automatic inverter comparison with alerts	●	●
Satellite-based meteorological data for performance evaluation (for select countries)	for 24 months	●
<b>Reporting</b>		
Alerts in case of communication faults between portal and system	●	●
Preconfigured reports via e-mail	●	●
<b>Service</b>		
SMA Smart Connected	●	●
Remote support through SMA Service	●	●
Direct selling via SMA SPOT (Germany)	–	●
Use of SMA 360° app	●	●
Use of SMA Energy app (starting Q3/2020)	●	●
SMA monitoring API	○	○
Type designation	EDMM-10.A	EDMM-10

● Standard features ○ Optional features – Not available ▲ Depending on availability Status: 1/2022



