

MÁSTER EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA Y TÉRMICA DE LA RESIDENCIA DE ONDARROA

Alumno: Mikel Iriondo Bedialauneta

Profesores:

Natalia Alegría Gutiérrez

Víctor Enrique Martínez Santos

Curso: 2020-2021

Fecha: 20 de mayo del 2021

Índice

1.	Introducción	8
2.	Objetivos	8
3.	Localización del proyecto	9
4.	Situación actual	10
5.	Energías renovables	11
6.	Energía solar	14
6.1.	Energía solar FOTOVOLTAICA	17
6.2.	Energía solar térmica	19
7.	Autoconsumo en España	22
8.	Datos de partida de la instalación	30
8.1.	Datos técnicos de los paneles solares térmicos y del edificio	30
8.2.	Consumo de la electricidad	33
8.3.	Consumo del gas natural	37
9.	Normativa actual aplicable	38
10.	Propuesta de instalación	41
10.1.	Instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red	42
10.1.1.	Conocer el consumo del edificio	42
10.1.2.	Conocer la irradiación del lugar de la residencia	44
10.1.3.	Tamaño inicial del sistema fotovoltaico	44
10.1.4.	Dimensionamiento de las baterías	47
10.1.5.	Composición de los vasos	48
10.1.6.	Dimensionamiento de regulador de carga	51
10.1.7.	Explicación de un MPPT	52
10.1.8.	Cantidad de reguladores de carga	53
10.1.9.	Dimensionamiento del inversor	54
10.1.10.	Conclusiones de un sistema fotovoltaico aislado	55
10.2.	Instalación de paneles fotovoltaicos con conexión a la red	56
10.2.1.	Superficie aprovechable en el edificio	56
10.2.2.	Número de paneles que se pueden instalar	57
10.2.3.	La irradiación para cada sitio	58
10.2.4.	Energía obtenida en cada mes	59
10.2.5.	Consumo por día de la residencia de ancianos	62
10.2.6.	Dimensionamiento del inversor	62

10.2.7.	Dimensionamiento del contador	64
10.2.8.	Conclusiones de un sistema conectado a la red	64
11.	Simulaciones en PVsyst	65
11.1.	Simulación de la instalación eléctrica conectada a la red	65
12.	Presupuesto económico	68
12.1.	Análisis de rentabilidad	69
12.1.1.	Valor actual neto (VAN)	71
12.1.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	71
13.	Conclusiones	71
14.	Bibliografía	72
15.	Anexos	75
	ANEXO I: PVsyst 1, tejado sur	76
	ANEXO II: PVsyst 2, tejado este	81
	ANEXO III: Esquema eléctrico del tejado sur	86
	ANEXO IV: Esquema eléctrico del tejado este	88

Índice de tablas

Tabla 1: Valores de irradiación con orientación sur a 60º (Elaboración propia)	44
Tabla 2: Consumo medio y máximo diario (Elaboración propia)	45
Tabla 3: Estimación de la potencia real de la instalación (Elaboración propia)	45
Tabla 4: Características del módulo fotovoltaico (Longi Solar)	46
Tabla 5: Cantidad de paneles solares fotovoltaicos que se deberían instalar (Elaboración propia)	46
Tabla 6: Número de células de los paneles a instalar (Elaboración propia)	46
Tabla 7: Las dimensiones de cada panel (Red Solar)	46
Tabla 8: Superficie total de la instalación FOTOVOLTAICA (m ²) (Elaboración propia)	46
Tabla 9: Precio total de las placas FOTOVOLTAICAS (Elaboración propia)	47
Tabla 10: Cálculo de la capacidad útil para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)	47
Tabla 11: Cálculo de la capacidad necesaria para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)	48
Tabla 12: Datos y características técnicas de las baterías. (GNB Industrial Power)	48
Tabla 13: Cálculo de la capacidad real para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)	49
Tabla 14: Superficie total de las baterías para cada caso (Elaboración propia)	50
Tabla 15: Peso de las baterías para cada caso (Elaboración propia)	50
Tabla 16: Precio total de las baterías para cada caso (Elaboración propia)	51
Tabla 17: Cantidad de grupos según las baterías para cada caso (Elaboración propia)	51
Tabla 18: Paneles correspondientes en cada grupo (Elaboración propia)	51
Tabla 19: Potencia calculada a partir del número de paneles (Elaboración propia)	51
Tabla 20: Características del regulador de carga (REGULADOR DE CARGA MPPT)	52
Tabla 21: Tipos de reguladores de carga según el grupo de baterías (Elaboración propia)	53
Tabla 22: Número total de reguladores de carga para cada caso (Elaboración propia)	54
Tabla 23: Precio total de los reguladores de carga (Elaboración propia)	54
Tabla 24: Subgrupos según los inversores (kW) (Elaboración propia)	54
Tabla 25: Inversores necesarios en cada grupo de baterías (Elaboración propia)	55
Tabla 26: Precio total de los inversores (Elaboración propia)	55
Tabla 27: Precio total de la instalación FOTOVOLTAICA con baterías aislado de la red eléctrica convencional (Elaboración propia)	55
Tabla 28: Número de paneles si el tejado fuera cuadrado (Elaboración propia)	57

Tabla 29: Número de paneles a colocar en el tejado (Elaboración propia)	58
Tabla 30: Irradiación para la orientación sur 33,7º (Elaboración propia)	58
Tabla 31: Irradiación para la orientación este a 33,7º (Elaboración propia)	59
Tabla 32: Energía obtenida en cada mes por día para la orientación sur (Elaboración propia)	60
Tabla 33: Energía obtenida en cada mes para la orientación sur (Elaboración propia)	60
Tabla 34: Energía obtenida en cada mes para la orientación este (Elaboración propia)	61
Tabla 35: Energía obtenida en cada mes para la orientación sur (Elaboración propia)	61
Tabla 36: Energía total suministrada cada mes por los paneles de la orientación este y sur (Elaboración propia)	61
Tabla 37: Cantidad de paneles en cada cadena de cada tejado (Elaboración propia)	64
Tabla 38: Precio de la inversión aproximada (Elaboración propia)	64
Tabla 39: Presupuesto total (Elaboración propia)	69
Tabla 40: Datos de partida para realizar el estudio económico (Elaboración propia)	69
Tabla 41: Periodo de recuperación de la inversión (Elaboración propia)	70

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Evolución de la potencia solar FOTOVOLTAICA desde 2003 hasta 2019 (Red Electrica de España (REE), 2019)	23
Gráfico 2: Evolución de la potencia solar térmica desde 2003 hasta 2019 (Red Electrica de España (REE), 2019)	23
Gráfico 3: Potencia solar FOTOVOLTAICA instalada (MW) anualmente en España en los periodos 2007-2019 (Unión Española Fotovoltaica (UNEF))	24
Gráfico 4: Potencia solar FOTOVOLTAICA instalada (MW) acumulada en España en los periodos 2007-2019 (FOTOPLAT, 2020)	25
Gráfico 5: Evolución de número de instalaciones de autoconsumo por cada tecnología desde 2017 a 2018 (EnerAgen)	27
Gráfico 6: Evolución de la potencia instalada de autoconsumo por cada tecnología desde 2016 hasta 2018 (EnerAgen)	28
Gráfico 7: Potencia instalada de energía solar FOTOVOLTAICA de autoconsumo desde 2016 hasta 2018 (EnerAgen)	29
Gráfico 8: Consumo total de la electricidad de la residencia (kWh) (Elaboración propia)	34
Gráfico 9: Consumo eléctrico de la residencia por día (kWh) (Elaboración propia)	35
Gráfico 10: Consumo eléctrico medio diario de cada persona en la residencia (kWh) (Elaboración propia)	35
Gráfico 11: Gasto eléctrico total de la electricidad consumida (Euros) (Elaboración propia)	36
Gráfico 12: Resultados de la instalación solar térmica de la residencia de ancianos de Ondarroa (Elaboración propia)	37
Gráfico 13: Consumo total de electricidad de la residencia en cada mes (Elaboración propia)	43
Gráfico 14: Consumo de la residencia por día (kWh) (Elaboración propia)	43
Gráfico 15: Ejemplo de curvas MPPT para cada radiación (PÉREZ, 2014-2015)	53
Gráfico 16: Consumo de cada día, energía creada por PFV y la energía necesaria de la red (Elaboración propia)	62

Índice de Figuras

Figura 1: Localización del proyecto, Ondarroa (Maps)	9
Figura 2: Localización del proyecto, Residencia de ancianos (Maps)	9
Figura 3: Irradiación solar global del estado español (ADRASE)	10
Figura 4: Casa pasiva (Gerente)	15
Figura 5: Casa con paneles fotovoltaicos (ENERGIA LIMPIA XXI, 2015)	16
Figura 6: Planta FOTOVOLTAICA (Energía Solar)	16
Figura 7: Paneles térmicos (INNOVA GREEN ENERGY)	16
Figura 8: Planta termo solar de concentración (Noticias de la Ciencia y la Tecnología(NCYT), 2019)	17
Figura 9: Esquema del sistema de energía solar térmica de baja temperatura (Energía Solar)	20
Figura 10: Todas las instalaciones FOTOVOLTAICAS de autoconsumo situadas geográficamente (EnerAgen)	28
Figura 11: Residencia de ancianos de Ondarroa analizando frontalmente (Google)	31
Figura 12: Residencia de ancianos de Ondarroa analizando desde arriba (Maps)	31
Figura 13: Consumo múltiple con instalación centralizada (Informe CHEQ4, 2020)	32
Figura 14: Esquema de una instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red (GRUPO PUIGCERCÓS)	42
Figura 15: Dibujos de las diferentes perspectivas de las baterías (GNB Industrial Power)	50
Figura 16: Esquema de la instalación solar FOTOVOLTAICA de conectada a la red (Tu tienda energética, 2019)	56
Figura 17: Datos técnicos del inversor Fronius Symo (Fronius Symo 15.03 M)	63
Figura 18: Principio de PVsyst	66
Figura 19: Programa PVsyst (Elaboración propia)	66
Figura 20: Orientación de los módulos fotovoltaicos en el programa de PVsyst (Elaboración propia)	67
Figura 21 Definición del sistema de la instalación fotovoltaica en PVsyst(Elaboración propia)	67

1. Introducción

Este trabajo consiste en hacer un análisis de la instalación solar térmica que se sitúa en la residencia de ancianos de Ondarroa y después hacer el dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica con su posterior con su posterior análisis. Por lo tanto, sabiendo la demanda del gas que hay en la residencia de ancianos y que solamente puede cubrir mediante los paneles solares térmicos el 34% de la demanda total del gas, se ha llegado a la conclusión con el programa CHEQ4 que la instalación actual no cumple con los requerimientos de la contribución solar mínima exigida por la HE4.

De esta manera, se ha hecho el dimensionamiento de un sistema de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red para poder cubrir la demanda de la electricidad de la residencia. Después de salir los resultados, se ha podido descartar esta opción ya que no es viable económica y físicamente, dado la cantidad de paneles y baterías que se necesitan.

Siguiendo con el dimensionamiento, se ha optado por hacer una instalación de paneles fotovoltaicos conectados a la red, instalando los máximos paneles en el tejado de la residencia, que serían en el tejado sur, que es el lugar donde están situados ahora mismo los paneles solares térmicos y, además, instalar también en el tejado este, para poder aprovechar la máxima energía.

Viendo que los resultados eran buenos, después de los primeros cálculos, se ha hecho el dimensionado con el uso del software PVSYSY. Mediante este software se han podido simular las condiciones de radiación de la ubicación, el rendimiento de los equipos, para analizar la viabilidad técnica y económica. Se puede decir que esta opción es la más viable dado que se ahorraría

2. Objetivos

El principal objetivo de este proyecto fin de máster es analizar tres situaciones diferentes para la residencia de ancianos, instalación solar térmica, instalación solar fotovoltaica sin conexión a la red e instalación solar fotovoltaica con conexión a la red y definir cuál es la mejor opción.

En cuanto a los objetivos académicos que se quieren obtener elaborando este proyecto son los siguientes:

- Utilizar conocimientos teóricos para hacer las instalaciones solares fotovoltaicas.

- Aplicar y saber manejar diferentes herramientas de simulación para poder validar y dimensionar instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas.
- Saber cuál es la normativa correspondiente para este tipo de instalaciones.
- Ser capaz de elaborar un documento técnico explicando los pasos dados para poder llegar a la decisión final.
- Ser capaz estudiar la viabilidad económica y tecnológica del proyecto planteado.

3. Localización del proyecto

El proyecto llamado “Instalación solar fotovoltaica y térmica de la residencia de Ondarroa” se sitúa en el municipio de Ondarroa, cuya localización se muestra en la figura 1, situado en la provincia de Bizkaia, perteneciente a la comunidad autónoma vasca. Más concretamente, el proyecto se sitúa en toda la residencia de ancianos de Ondarroa, figura 2, en las coordenadas 43º 19' 12" O 2º 25' 24" .



Figura 1: Localización del proyecto, Ondarroa (Maps)



Figura 2: Localización del proyecto, Residencia de ancianos (Maps)

Las costas españolas del sur son donde más potencial de irradiación hay para la implantación de paneles solares térmicos y/o fotovoltaicos y las zonas costeras del norte, las que menos potencial de irradiación tienen. En la figura 3, se puede ver todo el potencial de la irradiación en todo el estado español, proporcionado por ADRASE.

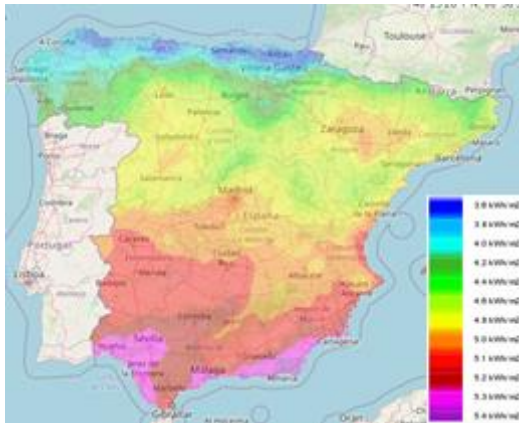


Figura 3: Irradiación solar global del estado español (ADRASE)

Aunque la ubicación de la instalación está en la zona norte de la costa española, en cuanto al potencial de irradiación es el que menos proporcionará en todo el estado español, pero, por otra parte, como la temperatura de esas zonas no son muy altas, se puede considerar como muy buenas esas zonas para una instalación de paneles solares, ya que, las temperaturas no muy altas mejoran la eficiencia de los paneles solares.

4. Situación actual

En estos momentos, se está viviendo una época de transición energética que se caracteriza por la importancia del uso de las energías renovables, la descarbonización, el uso de combustibles menos contaminantes, el uso de placas solares en viviendas, sistemas de almacenamiento de electricidad, o la transición de los coches de gasóleo/gasolina para incluir en el panorama actual el vehículo eléctrico, entre otras cosas.

Ante este nuevo escenario, por una parte, es totalmente necesario cambiar las costumbres de consumo de la sociedad que se tiene actualmente si se quiere llegar al objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y hacer un entorno más sostenible con el medioambiente.

Asimismo, después de la liberalización del mercado de las compañías eléctricas en el año 2014, el mercado energético ha dado un giro de 180 grados. Con esta medida, el consumidor puede elegir entre diferentes modalidades de contratación de energía o elegir la comercializadora energética que más le convenga. Esto ha provocado que sea necesaria la digitalización de la red para una mayor transparencia del consumo y de la factura.

También, la construcción de los edificios se ha vuelto mucho más sostenible con materiales más sostenibles y eficientes para la construcción de estas, la incorporación de placas solares, elementos de eficiencia energética o incluso puntos de recarga de coche eléctrico.

En definitiva, luchar contra el cambio climático requiere profundos cambios en nuestro modelo energético y en nuestras costumbres, donde actualmente ya es un compromiso para la sociedad.

Y para estos nuevos tiempos que vienen, las energías renovables son imprescindibles para poder ir hacia un mundo más sostenible, eficiente y renovable.

5. Energías renovables

Las energías renovables son aquellas fuentes de energía que utilizan los recursos naturales como el sol, viento y agua o la biomasa para poder generar energía limpia sin contaminantes. Las energías renovables no utilizan combustibles fósiles, sino recursos naturales, capaces de utilizarse una y otra vez para generar energía ilimitadamente. No obstante, el término es mucho más amplio y abarca mucho más. Estos son la alternativa más sostenible a las provenientes de fuentes fósiles, como el carbón y el petróleo y sus derivados, ya que como se ha indicado son inagotables y limpias.

El punto más fuerte de estas es que solamente en el momento inicial de las obras de las instalaciones de las energías renovables hay un impacto ambiental, el cual es muy escaso. De ese momento en adelante, las energías renovables se pueden considerar como energías alternativas o energías verdes. (Energía solar)

Las características más importantes de las energías renovables son las siguientes (Factor energía, 2018):

- En primer lugar, se puede considerar que este tipo de energías son beneficiosas para el medio ambiente, ya que la sociedad actual constantemente está luchando contra el cambio climático y buscando situaciones y vías nuevas para crear un mundo más sostenible que la actual, ya que sin estas medidas puede traer catástrofes naturales como se está viendo actualmente, inundaciones por lluvias torrenciales, olas de frío y de calor, huracanes, sequías, tormentas, incendios, etc. Y para ello, un paso importantísimo es el uso de las energías renovables o alternativas a las energías tradicionales, ya que éstas dañan el medioambiente a través de los residuos que generan y por la producción de ellas mismas.
- En segundo lugar, las energías renovables se pueden considerar como recursos naturales gratuitos e inagotables, ya que siempre tendremos agua, viento o sol con los que producir energía limpia. En cambio, la energía generada a partir de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas) dispone de unos recursos limitados y agotables, que además son contaminantes con el medioambiente.
- Otra característica muy importante de estas energías es que ayudan a potenciar el autoconsumo, ya que el uso de las energías renovables contribuye a que las casas, edificios, industrias, etc. sean mucho más autosuficientes en su consumo eléctrico. Viendo la situación actual se cree que, en un futuro no muy lejano, todos los edificios construidos deberán tener sus propias placas solares, calderas de biomasa o puntos de recarga para el coche eléctrico en su garaje comunitario, etc.
- Por otra parte, las energías renovables pueden llegar a lugares aislados ya que generan energía a través de fuentes naturales y estos se pueden encontrar en cualquier sitio del mundo, con lo cual, en cualquier sitio del mundo, aunque esté aislado del suministro eléctrico convencional, puede generar su propia energía y ser autosuficiente.
- Por último, el uso de las energías renovables puede ser la gran vía para lograr la independencia energética. En este caso, en España se sabe que no es un país donde abunden combustibles fósiles como el carbón o el petróleo y sus derivados, como el gas, pero sí que es un sitio que geográficamente interesante y muy rico en recursos naturales necesarios para generar energía limpia que ayuden a disminuir las emisiones de CO2 y el cambio climático, ya que en España hay zonas costeras donde se puede aprovechar la fuerza de la mar, además del sol y el viento. Esta situación además de aumentar la independencia energética es que no se tendría que comprar a otros países energías que encima son contaminantes. (Escandinava de electricidad, 2020)

Tipos de energías renovables

Como se ha indicado anteriormente existen diferentes vías para la generación o la obtención de la energía, y por lo tanto existen diferentes tipos de energías renovables. En la naturaleza se pueden encontrar una variedad de fuentes que son inagotables y limpias para extraer energía. A continuación, se pueden ver los diferentes tipos de energías renovables que existen con un pequeño resumen de cada (Energía solar), (Factor energía, 2018):

Energía solar

Esta energía es aquella que proviene del sol, y a través de placas solares térmicas o FOTOVOLTAICAS se absorbe la radiación proveniente del sol y se transforma en electricidad que puede ser almacenada o inyectada a la red, según la instalación. En cuanto a los paneles térmicos, utilizan la radiación solar para calentar un fluido para después utilizar como Agua Caliente Sanitaria o para generar vapor, y así accionar una turbina para generar electricidad.

Energía eólica

En este caso la generación de la energía eléctrica se lleva a cabo con la fuerza del viento. Los aerogeneradores, que normalmente suelen estar en los parques eólicos, suelen estar conectados a generadores de electricidad que, al girar las palas, transforman el movimiento de estas en electricidad.

Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es una de las energías renovables más conocidas y utilizadas antiguamente. En este caso, la fuerza del agua en su curso se utiliza para generar la energía eléctrica y se produce, normalmente, en presas donde cuando hay un exceso de energía de otras energías renovables, se utiliza para bombear el agua hacia la parte más alta y después cuando hay demanda de energía se utiliza para mover una turbina, esto conlleva algunas pérdidas, pero no muchas.

Biomasa

La biomasa es una de las formas más económicas y ecológicas de generar energía eléctrica en una central térmica, ya que esto consiste en la combustión de residuos orgánicos de origen animal y vegetal. Con producto biodegradable, como serrín, cortezas y todo aquello que pueda ser orgánico. Por lo tanto, esto puede ser, lo que pueda sustituir al carbón de forma limpia y sostenible.

Biogás

El biogás es una energía alternativa producida por la degradación de la materia orgánica mediante microorganismos, donde en ausencia de oxígeno se genera un gas combustible que se utiliza para producir energía eléctrica.

Energía mareomotriz

Esta energía se produce gracias a la fuerza del mar, más concretamente el de las mareas. Aprovechando las mareas, mediante un sistema de generador de electricidad aprovechando la energía cinética de las corrientes o la energía potencial cuando sube o baja las mareas transformando así la energía mareomotriz en energía renovable.

Energía undimotriz

Este tipo de energía, como sucede en la mareomotriz, se produce mediante la fuerza del mar, en cambio en este caso mediante las olas. Esto permite la obtención de electricidad en forma de energía limpia a partir de la energía mecánica generada por el movimiento de las olas.

Energía geotérmica

Es una energía alternativa que se encuentra debajo de la superficie terrestre, la energía geotérmica es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la superficie terrestre para la generación de energía a través del calor, estos suelen encontrarse a 100 o 150 grados centígrados.

6. Energía solar

La energía solar es la fuente de energía principal de la tierra, y es la energía que proviene del sol y que se puede captar mediante la radiación solar. Como el sol es una fuente inagotable, se considera como energía renovable. A partir de la energía solar provienen otras fuentes de energía, como, por ejemplo, la energía eólica, ya que el viento se genera cuando el sol calienta grandes volúmenes de aire. La energía hidráulica también se puede considerar que proviene del sol, ya que mediante la radiación solar se hace el ciclo del agua. Por otra parte, se puede indicar que los combustibles fósiles provienen de descompuestos orgánicos ya que, gran parte de estos fueron plantas que realizaban en su momento la figura síntesis. Y, por último, la biomasa que es fruto de la figura síntesis de las plantas, se puede considerar fuente proveniente del sol.

Por lo tanto, todas estas fuentes donde el inicio de todas ellas está en el sol, se pueden utilizar para fines energéticos como para producir calor o electricidad. Por lo tanto, quitando los combustibles fósiles, todas las demás fuentes se pueden utilizar para obtener fines eléctricos o calor como fuente renovable.

Viendo esto, la energía solar puede explotarse de diferentes maneras, con diferentes tecnologías y para diferentes propósitos.

Mediante la energía solar activa, se puede transformar la energía proveniente del sol bien para la acumulación de calor o bien para generar electricidad. Mediante la tecnología solar pasiva, se utilizan diferentes técnicas para poder aprovechar la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, y este tipo de energía se utiliza de forma inmediata, estas técnicas normalmente se utilizan en viviendas bioclimáticas (Gerente), donde los arquitectos diseñan casas, decidiendo la orientación de estas, la colocación de las ventanas, etc. (Energía Solar), (Hogar Sense, 2020)



Figura 4: Casa pasiva (Gerente)

Por otra parte, hay tecnologías que, mediante placas FOTOVOLTAICAS, generan energía eléctrica, que se utilizan en viviendas, refugios de montaña, zonas aisladas, etc. Estos suelen ser para la generación de autoconsumo. Por otro lado, mediante centrales FOTOVOLTAICAS, suele ser más o menos la misma tecnología que las instalaciones de autoconsumo, pero el objetivo de estas es generar electricidad para suministrar la red eléctrica.



Figura 5: Casa con paneles fotovoltaicos (ENERGIA LIMPIA XXI, 2015)



Figura 6: Planta FOTOVOLTAICA (Energía Solar)

En cuanto a la energía solar térmica, esta tecnología es usada para producir agua caliente sanitaria de baja temperatura. Por último, la energía termosolar de concentración, es usada para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura.

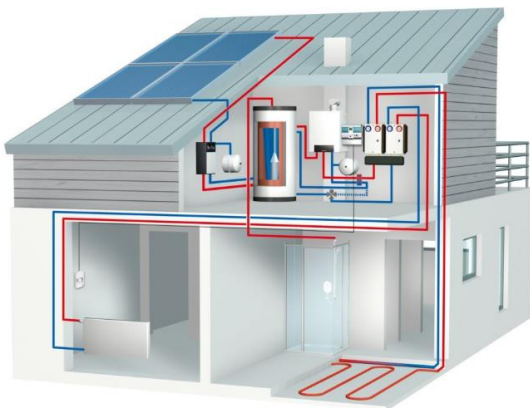


Figura 7: Paneles térmicos (INNOVA GREEN ENERGY)



Figura 8: Planta termo solar de concentración (Noticias de la Ciencia y la Tecnología (NCYT), 2019)

Por otra parte, cuando se habla de la energía solar el ser humano se refiere a la energía eléctrica o térmica que se ha generado mediante la radiación solar. Sin embargo, la energía solar se produce en el sol, ya que en el sol se producen reacciones nucleares liberando una cantidad enorme de energía que llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas. Por lo tanto, desde el punto de vista físico la energía solar se puede aprovechar mediante muchas formas. (Energía Solar)

Mediante paneles fotovoltaicos, donde estos están compuestos por un material de silicio, normalmente que al recibir la luz del sol se ionizan y liberan electrones, así se genera una corriente eléctrica. En cambio, mediante colectores solares, estos convierten la radiación solar en energía térmica, donde el propósito de estos es calentar un fluido que circula dentro de los paneles para poder aprovechar como energía térmica.

6.1. Energía solar FOTOVOLTAICA

La situación de la energía solar FOTOVOLTAICA en estos momentos se puede considerar que es la tercera fuente renovable en términos de capacidad global detrás de la energía hidráulica y eólica. Aunque muchos expertos en esta materia dicen que en los próximos años la energía solar FOTOVOLTAICA será el que más avance de las energías alternativas (IRENA, 2019), (EnergyVN, 2020).

En cuanto a la física, para transformar la radiación solar en electricidad, como se puede saber se utilizan los paneles fotovoltaicos, y estos suelen estar compuestos por células FOTOVOLTAICAS. Estas células suelen estar formadas por materiales de silicio, que hacen que un fotón al chocar con un átomo de silicio salte un electrón generando corriente eléctrica. El silicio es muy

abundante en la tierra y así, es el material con los que se fabrican la mayor parte de las células FOTOVOLTAICAS (Mártel, 2018). En cuanto a la fabricación de estas células, se puede valorar que el proceso de fabricación es costoso y muy complejo, tanto económicamente como en cuanto a tiempo. En la actualidad se están investigando para la utilización de otros materiales para obtener mayor rendimiento.

Pero en cuanto a la eficiencia eléctrica, los módulos fotovoltaicos no pueden producir electricidad a partir de luz ultravioleta, infrarroja y baja o difusa, Por lo tanto, si el concepto de los diseños cambia se podrían elevar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, ya que actualmente las eficiencias son bastante bajas. (Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación)

La principal aplicación del uso de la radiación solar es la producción de electricidad, y para eso varían sistemas fotovoltaicos pequeños para el autoconsumo hasta grandes centrales eléctricas.

Normalmente, los pequeños suelen ser instalados en los techos o integrados en los edificios, para el autoconsumo o por lo menos poder ahorrar unos cuantos kilovatios. Por otra parte, las grandes centrales suelen generar electricidad a gran escala. Las principales técnicas o usos de la tecnología son las siguientes (Energía solar):

- Sistemas que se instalan en edificios, estos se suelen adaptar en edificios existentes, normalmente en los tejados.
- Concentradores fotovoltaicos, estos suelen utilizar lentes y espejos curvos para poder enfocar toda la luz solar en células muy pequeñas, pero con potencias mucho mayores.
- Centrales FOTOVOLTAICAS, estas suelen ser centrales que instalan muchísimos paneles solares para una producción muy alta de energía eléctrica.
- Solares flotantes, estos han empezado a utilizarse hace poco ya que cuando no hay suficiente tierra para la colocación de los paneles, se instalan flotando los paneles solares en una superficie acuática, además estar cerca del agua hace que los paneles no se calienten tanto como en tierra y la eficiencia sube considerablemente.
- Sistemas fotovoltaicos en los transportes, estos se utilizan para poder obtener una cierta energía para poder ayudar en la potencia motriz.
- También los paneles fotovoltaicos se utilizan para las señalizaciones.

Por último, las diferencias principales que hay en las instalaciones FOTOVOLTAICAS son de dos tipos, instalaciones FOTOVOLTAICAS conectadas a red e instalaciones FOTOVOLTAICAS aisladas de la red. Las conectadas a la red, la energía que generan se utiliza para el propio consumo y la

energía sobrante se utiliza para venta a la red eléctrica de distribución. En cambio, las instalaciones FOTOVOLTAICAS aisladas de red se utilizan solamente para el autoconsumo, este tipo de instalaciones normalmente se utilizan para lugares remotos.

En resumen, la energía solar FOTOVOLTAICA se puede considerar que es la electricidad obtenida a través de la energía solar mediante los paneles fotovoltaicos, por lo tanto, es considerada como energía renovable, ya que, no genera gases ni contribuye en el cambio climático. Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- No genera contaminación, ni contaminantes de efecto invernadero.
- No requiere combustible, únicamente radiación solar
- Dimensionamiento escalable, ya que es fácil de añadir paneles o quitar según lo que se necesite en cada momento.
- La producción puede ser para pequeña o gran escala.

6.2. Energía solar térmica

La energía solar térmica consiste en la transformación de la radiación solar en energía térmica. Como en el caso de la energía solar FOTOVOLTAICA, esta energía también es de una forma de energía renovable sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que no es una forma de energía contaminante. Esta forma de generar energía se puede utilizar a pequeña (viviendas/edificios) y gran escala (centrales eléctricas). (Energía Solar)

Para la obtención de dicha energía, se utilizan colectores o captadores solares, que son un tipo de panel solar para la energía solar térmica. Por lo tanto, hay distintos tipos de colectores dependiendo del uso que se van a tener. (Hogar Sense, 2020)

- Colectores solares planos, estos son los más frecuentes en nuestro entorno, ya que se utilizan para instalaciones solares térmicas de baja temperatura. Normalmente con estos captadores se pueden obtener temperaturas de 60 °C a un coste muy pequeño.
- Colectores solares térmicos no vidriados, suelen ser más baratos que los colectores solares planos, ya que estos no suben tanto la temperatura (30°C) como los captadores solares planos. Este tipo de tecnologías normalmente se utilizan para calentar el agua de las piscinas.
- Colectores solares de vacío, suelen estar formados por tubos de metal y dentro de ellos contiene un fluido de trabajo, donde la irradiación calienta ese fluido y estos suelen

tener un rendimiento elevado, pero por contrario el coste de los colectores también es más elevado que los dos anteriores colectores.

- Colectores solares con sistemas de concentración, suelen ser instalaciones donde los paneles suelen tener formas parabólicas para poder concentrar toda la irradiación en la torre principal y mediante estos sistemas se obtienen temperaturas elevadas.
- Captadores con sistemas de seguimiento del sol, estos sistemas suelen ir variando la posición según avanza el día y la inclinación según la estación del año para mantener una posición perpendicular a la radiación solar.

Por lo tanto, sabiendo los captadores solares que hay, la energía solar térmica se puede aprovechar de distintas maneras. Por ejemplo, en las centrales termosolares, lo que se quiere hacer es acumular toda la radiación en un punto concreto para poder generar vapor, y ese vapor accionando una turbina, conseguir un trabajo mecánico donde mediante un generador se pueda obtener electricidad. Si se compara una central termosolar con una central térmica de carbón o una nuclear, se pueden considerar que son similares pero la forma de generar el calor para obtener el vapor es diferente, está en concreto a diferencia de los otros dos es renovable, ya que la energía inicial se obtiene mediante el sol. Por otra parte, se puede indicar que el rendimiento termodinámico suele ser bajo, pero el “combustible” utilizado como es el sol que es gratis se puede tomar como buena alternativa las centrales termosolares.

Por otra parte, mediante los sistemas solares térmicos de baja temperatura se puede aprovechar la energía solar térmica para calentar Agua caliente sanitaria (ACS) y así ahorrar en la factura del gas como sucede en casi todas las viviendas y edificios. Por lo tanto, se puede ver en la figura 9 un esquema básico de una instalación de energía solar térmica de baja temperatura.

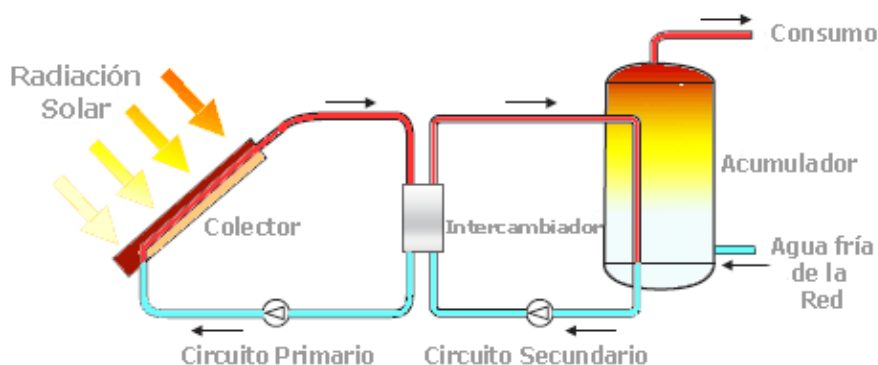


Figura 9: Esquema de un sistema de energía solar térmica de baja temperatura (Energía Solar)

Como se puede ver en la figura 9 hay dos circuitos cerrados con un intercambiador de calor, donde, en el circuito primario el fluido se calienta mediante la radiación solar que incide en los paneles solares que normalmente estarán instalados en el tejado y este fluido al llegar a una temperatura muy alta mediante el intercambiador de calor, cede el calor al circuito secundario. En el circuito secundario el fluido al calentarse se dirige al acumulador y cuando se necesite para el consumo, se utilizará el agua caliente acumulada, después de ser utilizado vuelve como agua fría de la red del circuito secundario. Y la instalación se puede decir que es cíclica, ya que se repite una y otra vez.

También existen sistemas de acumulación, y esto consiste en almacenar energía calorífica en un depósito para después poder utilizar cuando se requiera.

Mediante los captadores solares se calienta agua y ese fluido calentado se almacena para después poder utilizar directamente o para utilizarlo cuando se quiera. Como se ha indicado anteriormente en estos sistemas se pueden utilizar el agua caliente para el calentamiento de agua de las piscinas, como agua caliente sanitaria o como calefacción.

Muchas veces el problema de la energía solar térmica es que el momento que se necesita agua caliente no siempre coincide con las horas de sol y suficiente radiación, por lo tanto, es necesario tener un acumulador de energía en forma de depósito para el almacenaje de agua caliente, en este caso la eficiencia bajaría ya que el calor a pesar de estar almacenado con aislantes térmicos siempre se perdería energía calorífica.

En cuanto al sistema de distribución, después de que los captadores solares calientan el fluido, para aumentar la energía térmica de estos, el fluido debe de ser distribuido y acondicionado para poder hacer correctamente el trabajo, por lo tanto, en una instalación se necesitan, sistemas de control, tuberías, aislantes, vasos de expansión, bombas, válvulas, etc.

En muchos casos, como el sistema no puede suministrar toda la demanda requerida, existen sistemas de apoyo basado en energías convencionales para suministrar la energía que no se cubre mediante los captadores solares.

Normalmente, las instalaciones que se diseñan con captadores solares son para proporcionar entre 60-80% del agua caliente demandada, pero en zonas con muchas horas de sol el porcentaje puede ser un poco más grande. En los meses de baja radiación, no se llega a cubrir el 60% de la demanda, en cambio en verano se llega a cubrir prácticamente el 100% de las necesidades (IES Estelas de Cantabria). Por lo tanto, para suministrar apoyo energético a estos, se utilizan distintas fuentes:

- La red de la propia compañía eléctrica.
- Calderas de pellet o de biomasa.
- Otras fuentes de energías alternativas como energía eólica o hidráulica.
- El uso de combustibles fósiles (carbón, derivados del petróleo y gas natural)

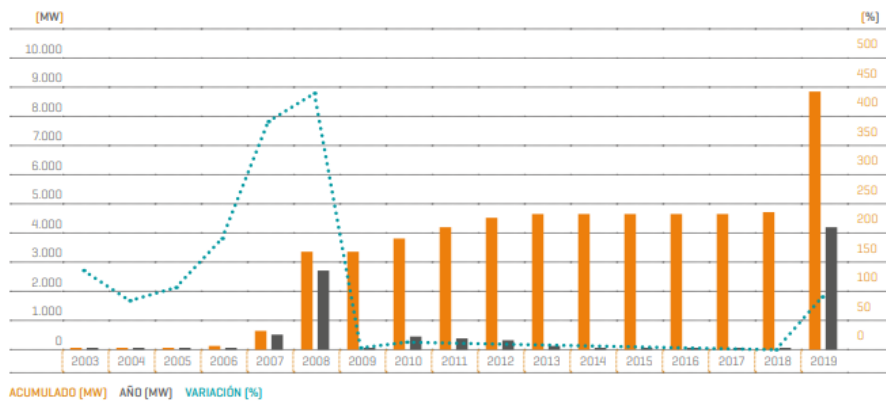
Ante esto, se intenta diseñar instalaciones solares térmicas para cubrir el 60% de las necesidades energéticas anuales, ya que, si se pretende cubrir por encima de 60% de la energía requerida anual, se tendría que hacer una instalación muy grande, y sería muy complicado llegar a amortizar la inversión.

En conclusión, la energía solar térmica se convierte en energía térmica mediante los colectores solares, aprovechando la radiación solar. Existen diferentes tipos de colectores en función de la temperatura que se quiera obtener. Centrales termosolares para temperaturas altas y la función de estas es generar electricidad. En cuanto a instalaciones más pequeñas de baja temperatura que se pueden instalar en edificios o/y en viviendas hay diferentes tipos, sistema de acumulación térmica, sistema de distribución de calor y sistemas de apoyo.

7. Autoconsumo en España

Para comprender el momento actual del autoconsumo en el estado español, es indispensable recordar de dónde empieza todo esto. Por lo tanto, se puede ver en el gráfico 1 y gráfico 2 los datos de referencia de la evolución la potencia instalada de la solar FOTOVOLTAICA y de la solar térmica desde el 2005 hasta 2019.

Potencia solar fotovoltaica instalada. Sistema eléctrico nacional

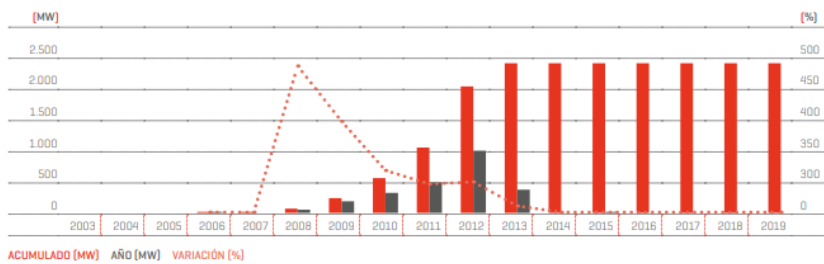


Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) hasta 2014. Datos de Islas Baleares e Islas Canarias disponibles desde el 2006 y Melilla desde el 2007.

Potencia solar fotovoltaica instalada a 31.12.2019. Sistema eléctrico nacional por CC.AA. [MW]

Gráfico 1: Evolución de la potencia solar FOTOVOLTAICA desde 2003 hasta 2019 (Red Eléctrica de España (REE), 2019)

Potencia solar térmica instalada. Sistema eléctrico nacional



Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) hasta el 2014

Potencia solar térmica instalada a 31.12.2019. Sistema eléctrico nacional por CC. AA. [MW]

Gráfico 2: Evolución de la potencia solar térmica desde 2003 hasta 2019 (Red Eléctrica de España (REE), 2019)

Se puede apreciar que la solar térmica prácticamente es nula y todo el autoconsumo se centra en la energía solar FOTOVOLTAICA.

El principio de la producción de la energía solar FOTOVOLTAICA en el estado español arrancó con el Real Decreto 2818/1998, lo cual se quería recompensar económicamente aquellos que generaban electricidad mediante energías renovables.

Años más tarde, concretamente en 2004 se crea un nuevo Real Decreto llamado Real Decreto 436/2004, donde mejoraron las retribuciones económicas, ya que en ese momento el costo de la tecnología era muy alta, porque en ese momento la tecnología solar FOTOVOLTAICA era una

tecnología nueva, y como en todas las tecnologías nuevas el coste suele ser muy grande. (Heredia, 2019)

Después del Real Decreto del 2004 se dio lugar al Real Decreto 661/2007, basándose en el acuerdo de las políticas europeas derivadas del Protocolo de Kioto donde al menos un 12% del consumo de la energía debería provenir de las fuentes de energías renovables y un 30% de la generación de electricidad también debería de provenir de las energías renovables. Además, este Real Decreto por cada kWh fotovoltaico inyectado a la red se primaba con 0,44€. (Carrasco)

Estas nuevas primas, provocaron una subida increíble de la potencia instalada de los sistemas solares FOTOVOLTAICAS entre los años 2007 y 2008, donde España llegó a tener hasta un 70 % de los sistemas fotovoltaicos europeos conectados a red, prácticamente todas las instalaciones FOTOVOLTAICAS Europeas estaban instaladas en España (Heredia, 2019).

En 2007 la potencia instalada acumulada se incrementó en 390% y en 2008 en 450%. Se instalaron 2,6 GW, lo cual esto supuso la mitad de la potencia instalada a nivel mundial. En esos momentos España era líder mundial en cuanto a las instalaciones solar FOTOVOLTAICA. Esto provocó un déficit de tarifa ya que crecía a gran velocidad y de manera insostenible, por lo tanto, en 2008, el Real Decreto 1578/2008 bajó las primas según la ubicación de la instalación a 0,32 €/kWh en el suelo y 0,34 €/kWh en el tejado. Esto trajo que las nuevas instalaciones que estaban en construcción se frenan y los años siguientes se instalan muy poca potencia como se puede ver en la siguiente imagen. (RJ Consultores)

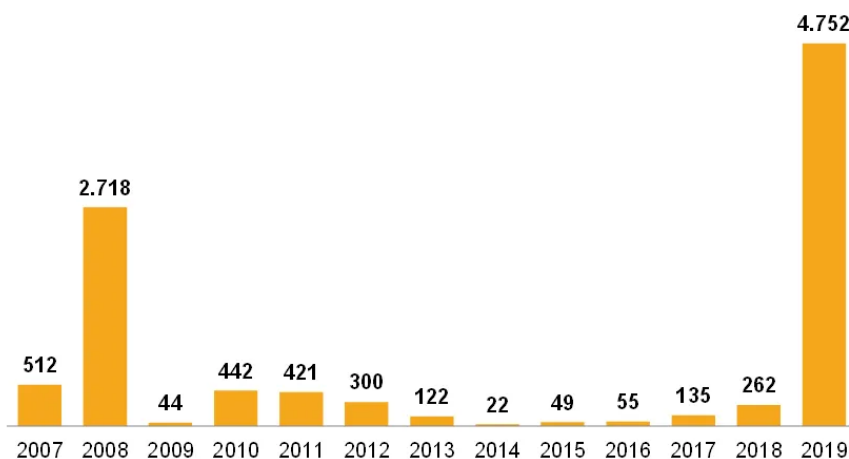


Gráfico 3: Potencia solar FOTOVOLTAICA instalada (MW) anualmente en España en los periodos 2007-2019 (Unión Española Fotovoltaica (UNEF))

En 2011, cuando todavía la situación de la energía solar en España se encontraba en una situación algo delicada, mediante el Real Decreto 1699/2011, sobre la conexión a la red de las

instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, se dio el comienzo para la generación de autoconsumo (MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO). El objetivo principal de este Real Decreto era el desarrollo para la generación distribuida, y así tener beneficios para el sistema como son las reducciones de pérdidas en la red, la reducción de necesidades de inversiones de nuevas redes, y en conclusión hacer que el impacto de las instalaciones eléctricas sea el menor posible para el entorno.

Pese a que el Real Decreto 1699/2011 entró en vigor en 2011, se tuvo que esperar cerca de 4 años para que entrara en vigor el Real Decreto 900/2015. (Heredia, 2019)

Por otra parte, se debe saber que la situación FOTOVOLTAICA en el estado español ha tenido un camino lleno de obstáculos, y es imprescindible mencionar que, en 20 de noviembre de 2011, el PP (Partido Popular) ganó las elecciones siendo mayoría absoluta, y esto supuso un cambio de gobierno y por consecuencia cambio de políticas energéticas.

En ese momento la situación del sector de la energía FOTOVOLTAICA llevaba dos años dando muestras de vida después del real decreto del 2008, que supuso una bajada de las instalaciones FOTOVOLTAICAS. Pero, en enero de 2012 apareció el Real Decreto Ley 1/2012, donde se suspendían todos los incentivos económicos para las nuevas instalaciones a partir de energías renovables (BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO). Esto hizo que año tras año se instalara menos potencia FOTOVOLTAICA, y, por lo tanto, supuso otro gran frenazo para la energía solar FOTOVOLTAICAS en los siguientes años como se puede ver en la imagen.

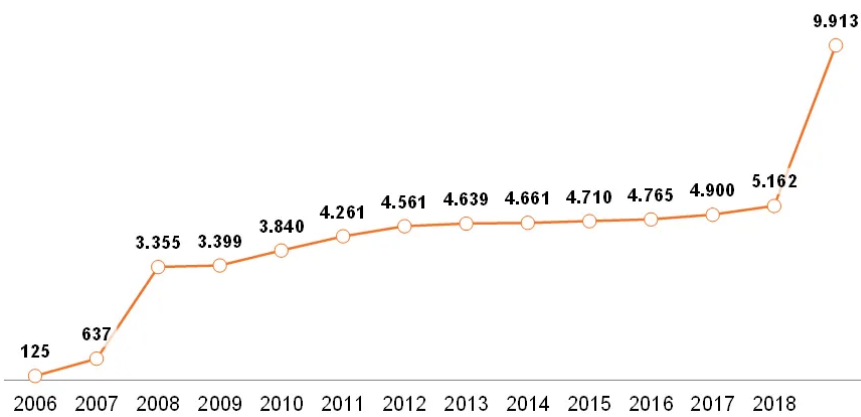


Gráfico 4: Potencia solar FOTOVOLTAICA instalada (MW) acumulada en España en los periodos 2007-2019 (FOTOPLAT, 2020)

Por otra parte, mediante la Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, la parte de los peajes que estaban en la parte variable de la factura pasaron a la parte fija. El hecho de esta medida tuvo dos objetivos principales: Uno recaudatorio, que trataba de aumentar los ingresos

del sistema para disminuir el déficit de tarifa y el otro de motivo político, la voluntad de frenar el desarrollo del autoconsumo. Por lo tanto, esto trajo que se desincentivara las instalaciones de autoconsumo. (Heredia, 2019)

Esta subida en término de potencia contratada y la ausencia de incentivos producida por el Real Decreto de autoconsumo que no entraba en vigor, fueron las causas del frenazo definitivo a las instalaciones FOTOVOLTAICAS en el estado español.

Entre los periodos de los años 2012-2016 las instalaciones de energía solar FOTOVOLTAICA prácticamente no aumentaron como se puede ver en el gráfico 4.

Ante todo, esto, salieron varios anteproyectos y el 27 de julio de 2015 se hizo el manifiesto llamado “Compromiso de la sociedad a favor del derecho cívico al autoconsumo de energía”. En el manifiesto participaron las principales asociaciones de consumidores del país, los sindicatos UGT Y CCOO, la patronal de las energías renovables, las 5 grandes ONG ecologistas nacionales y 18 partidos políticos. Donde estos, se comprometieron derogar el nuevo decreto que en esos momentos estaba en tramitación (Fundación renovables, 2015).

Después de estar mucho tiempo en tramitación por fin llegó el Real Decreto 900/2015 el 27 de julio de 2015 el mismo día que se hizo el manifiesto y el acuerdo para la derogación de este mismo Real Decreto, y que además finalmente se implementó el peaje de respaldo, también llamado como “impuesto del sol”, en resumen, este peaje afectaba a los consumidores que producían energía en sus propias instalaciones de autoconsumo.

Este RD definía dos tipos de autoconsumo:

- El primero, solo era para autoconsumir, vertiendo a la red la electricidad excedente.
- El segundo tipo, daba la posibilidad de la venta de la electricidad excedente, pero estaba restringido a instalaciones más grandes que de 100 kW.

Los excedentes de electricidad por parte de instalaciones menores que 100 kW no tenían ninguna compensación económica, por lo tanto, perjudicaba de manera directa a las pymes ya que la potencia de estos normalmente no excede de 100 kW y tampoco a los de autoconsumo doméstico.

Pese a que las instalaciones menores de 10 kW estaban exentas del peaje de respaldo, se hacía inviable el autoconsumo residencial ya que no se podía vender la energía excedente. Por lo tanto, no cabe la menor duda que este Real Decreto creado por el gobierno en mayoría del PP fue muy perjudicial para el autoconsumo en España.

A parte de que para las pequeñas instalaciones el RD era perjudicial, para el sector comercial y especialmente, para el sector industrial tampoco era rentable, por lo tanto, en muchos casos en estos sectores era más rentable desconectar la instalación FOTOVOLTAICA de la red y no aprovechar esa energía procedente del sol, antes que inyectar a la red eléctrica convencional (Heredía, 2019).

Desde 2015 hasta 2017 hubo varios intentos para dar la vuelta a la situación de las energías renovables y el autoconsumo y concretamente en enero de 2017, todos los grupos parlamentarios menos los que gobernaban en esos momentos registraron una “Proposición de ley para el fomento del autoconsumo eléctrico”. Mediante esto se quería derogar el impuesto del sol, simplificar los trámites administrativos y posibilitar el balance neto para las instalaciones más pequeñas, pero no tuvo éxito ya que el gobierno vetó esa propuesta. (Energías renovables, 2017)

Es clave ver cómo ha sido la evolución del autoconsumo en España para entender la situación actual. Se puede decir que, en estos momentos, por la evolución de los seres humanos en cuanto a la concienciación del medio ambiente y las restricciones de la UE justo ahora se está produciendo un punto de inflexión, por los cambios legislativos cometidos por los cambios de gobiernos en los últimos años.

Por lo tanto, como se puede ver en la siguiente imagen de las 1399 instalaciones de autoconsumo registradas en 2018 las 1154 instalaciones (98%) serían instalaciones FOTOVOLTAICAS. Esto quiere decir que la mejor tecnología que se adapta para el autoconsumo a pequeña escala es la energía solar FOTOVOLTAICA, junto a la eólica y la biomasa, pero estos dos últimos serían un poco menos rentables. (EnerAgen)

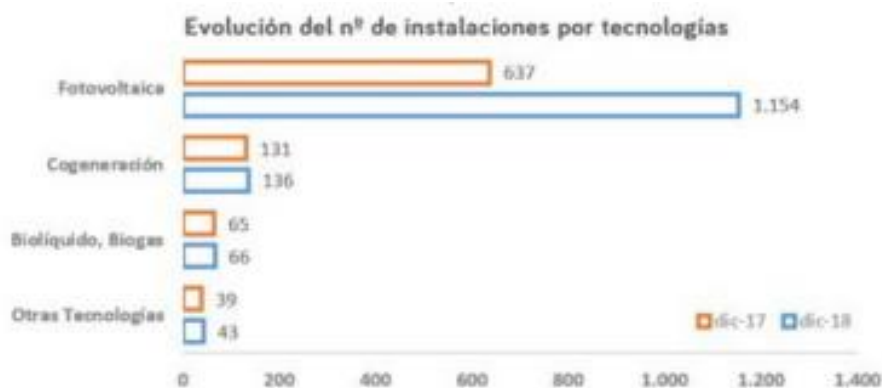


Gráfico 5: Evolución de número de instalaciones de autoconsumo por cada tecnología desde 2017 a 2018 (EnerAgen)

En cuanto a la potencia instalada, se puede ver que la cogeneración es mayor que otras tecnologías (58%), por más que, las instalaciones FOTOVOLTAICAS en cantidad haya más instalaciones que la de cogeneración, ya que estas instalaciones suelen ser a gran escala. (EnerAgen)



Gráfico 6: Evolución de la potencia instalada de autoconsumo por cada tecnología desde 2016 hasta 2018 (EnerAgen)

Por lo tanto, como se ha indicado anteriormente en el estado español hay 1154 instalaciones FOTOVOLTAICAS de autoconsumo lo cual equivaldría en potencia instalada 27 MW. En la siguiente imagen se pueden ver como se encuentran todas las instalaciones FOTOVOLTAICAS de autoconsumo geográficamente.



Figura 10: Todas las instalaciones FOTOVOLTAICAS de autoconsumo situadas geográficamente (EnerAgen)

Llama la atención, que, en la zona alta de España, País Vasco y Cataluña haya tantas instalaciones FOTOVOLTAICAS, ya que la disposición de sol no es la misma que se puede a ver en la zona sur como es la parte de Andalucía. Esto se debe, a que, en esas zonas, a pesar de que la radiación solar no es la óptima, las temperaturas bajas de esos lugares son muy buenas para la eficiencia de los módulos. Por otra parte, es que, en esas comunidades autónomas, suele dar subvenciones por poner esas instalaciones.

Por otra parte, en Galicia llama la atención la elevada concentración de instalaciones de gran potencia, esto se debe a que las ayudas proporcionadas por la comunidad autónoma de Galicia muchas veces hayan acabado en grandes empresas.

Por otro lado, en zonas de aislamiento geográfico, como las islas Canarias y Baleares los autoconsumidores han tenido buenas condiciones para la generación distribuida.

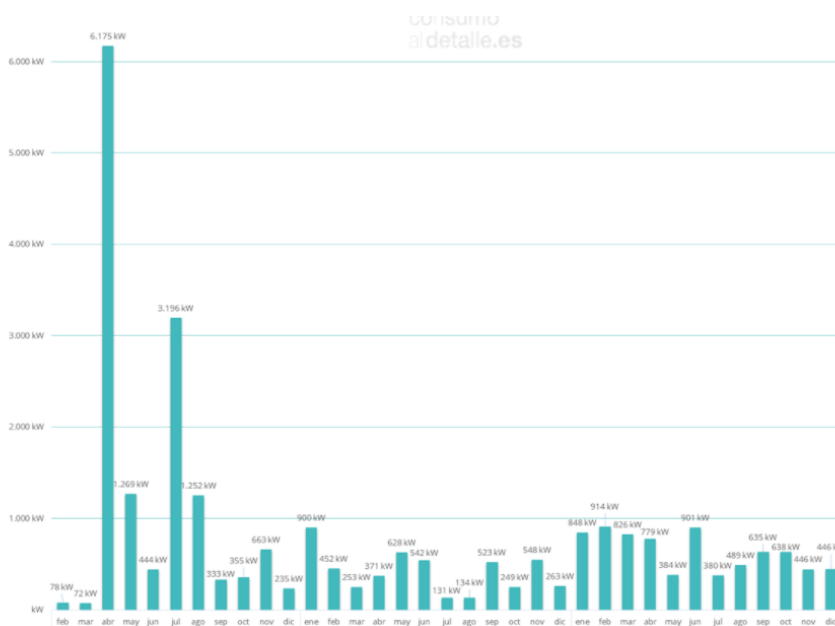


Gráfico 7: Potencia instalada de energía solar FOTOVOLTAICA de autoconsumo desde 2016 hasta 2018 (EnerAgen)

Por otro lado, analizando la gráfica 7 se puede ver que desde el 2016 que hubo un pico muy alto en cuanto a la potencia instalada de autoconsumo fotovoltaico, se debe señalar que, con el tiempo, se tiende a instalar pequeñas instalaciones. Esto principalmente se debe a que al principio por factores económicos las grandes empresas podían hacer frente a las inversiones iniciales, pero a medida que FOTOVOLTAICA los precios de la tecnología FOTOVOLTAICA han ido disminuyendo, las pequeñas empresas y autoconsumidores particulares han ido sumando y

en un futuro seguirán sumando al autoconsumo y por otra parte, los cambios de Reales Decretos que ha habido también ayudan al autoconsumo, donde se explicará más adelante en la normativa actual aplicable.

8. Datos de partida de la instalación

Primeramente, en el proyecto se va a validar la instalación solar térmica que hay en estos momentos en la residencia de ancianos para el calentamiento del Agua Caliente Sanitaria, después, como se ha indicado anteriormente se va a realizar un análisis de la instalación solar térmica y FOTOVOLTAICA de la residencia de ancianos de Ondarroa, y para eso se han necesitado unos datos de partida.

8.1. Datos técnicos de los paneles solares térmicos y del edificio

La residencia de ancianos de Ondarroa proporcionado los siguientes datos técnicos de los paneles solares térmicos y también del edificio:

- Los paneles solares térmicos son de tipo: Solarhart Industries S-21.
- Cantidad de paneles solares térmicos en el tejado del edificio: 32.
- Un grupo de 18 paneles se encuentran en serie, otro grupo de 8 paneles se encuentran en serie y otro grupo de 6 paneles se encuentran en serie y esos tres grupos entre ellos en paralelo.
- Los paneles solares térmicos se encuentran con una desviación de 5º sexagesimales del sur.

Por otro lado, analizando a las siguientes figuras se pueden ver la longitud y anchura que tiene el edificio y la longitud, anchura e inclinación del tejado.



Figura 11: Residencia de ancianos de Ondarroa analizando frontalmente (Google)

En la figura frontal de la residencia se pueden ver las siguientes medidas:

- Altura del edificio: 12 m
- Anchura de la parte alta del edificio(tejado): 26,3 m
- Inclinación del tejado: 33,7 °



Figura 12: Residencia de ancianos de Ondarroa analizando desde arriba (Maps)

Analizando las figuras del tejado desde arriba se puede ver que el tejado sur, donde están instalados los paneles solares térmicas que tiene forma trapecio tienen las siguientes medidas:

- Base mayor, anchura de la parte alta del edificio(tejado): 26,3 m
- Base menor (descontando el lucernario):8,9 m
- Altura: 9,1 m
- Área disponible para la instalación de paneles solares en el sur del tejado: 160,16 m²

Por otra parte, se han obtenido los datos de la parte este del tejado, ya que se considera que puede ser un buen sitio para la instalación de futuros paneles solares. Esta parte del tejado también tiene forma de trapecio, con las siguientes medidas:

- Base mayor, anchura de la parte alta este del edificio(tejado): 23,3 m
- Base menor (descontando el lucernario):5,6 m
- Altura: 8,5 m
- Desviación de 5 º sexagesimales desde el este hacia el norte, al igual que en el caso de los paneles instalados en la zona sur del tejado.
- Área disponible para la instalación de paneles solares en el este del tejado: 122,8 m²

En cuanto a la instalación la residencia de ancianos ha proporcionado los siguientes datos:

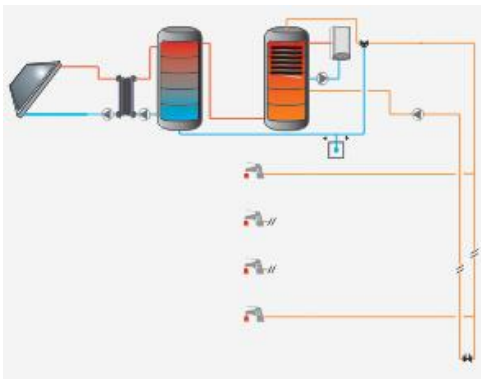


Figura 13: Consumo múltiple con instalación centralizada (Informe CHEQ4, 2020)

Como se puede ver en la siguiente figura, el consumo de la residencia de ancianos es de consumo múltiple con una instalación centralizada. Como se ve en la figura, el funcionamiento de esta instalación es que los paneles solares térmicos suben la temperatura del agua considerablemente, pero no para poder utilizar directamente. Esa agua mediante un acumulador (4000 l) se obtiene que el agua caliente se mantenga a la temperatura que vino desde los paneles solares. Después cuando se necesite utilizar agua caliente sanitaria mediante una caldera convencional de gas natural, se calienta el agua del acumulador hasta la temperatura necesaria. Esto hace que se ahorre gas ya que, el agua que se utiliza en la caldera de gas la temperatura es más elevada que sin usar paneles solares térmicas y por lo tanto se ahorraría dinero.

Por otra parte, en una residencia de ancianos en España cada persona demanda 41 litros por día a 60°C (Martín, 2019). Por lo tanto, en la residencia como se encuentran 49 personas actualmente, la demanda total sería de 2099 litros al día, a una temperatura de 60°C.

En cuanto al circuito primario y secundario se han obtenido los siguientes datos:

- Caudal primario: 1659 l/h
- Anticongelante: 10 %
- Longitud del circuito primario y secundario: 8 m
- Diámetro de la tubería: 21 mm
- Espesor del aislante: 25 mm
- Tipo de aislante: espuma de polietileno

En cuanto a la distribución del circuito se han obtenido los siguientes datos:

- Longitud total del circuito de distribución: 25 m
- Diámetro de la tubería: 21 mm
- Espesor del aislante: 25 mm
- Tipo de aislante: espuma de polietileno
- Temperatura en la distribución: 60°C

A parte de los datos técnicos de la instalación de los paneles solares térmicas y del edificio, se han obtenido los consumos de la residencia de ancianos.

8.2. Consumo de la electricidad

Por una parte, se han obtenido los datos de los consumos eléctricos medios mensuales de un año, los consumos medios diarios de un año y cuanto consume de media cada persona en un día en cada mes de un año.

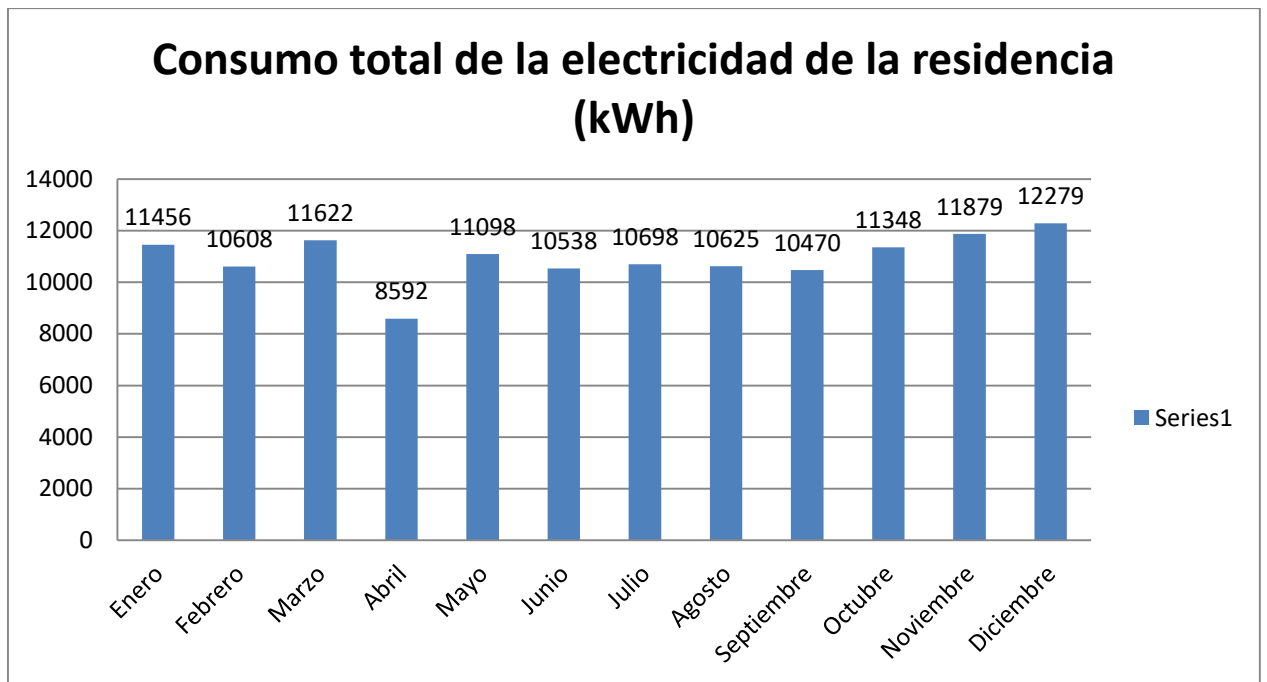


Gráfico 8: Consumo total de la electricidad de la residencia (kWh) (Elaboración propia)

Primero, se ha obtenido este gráfico que es el consumo total de cada mes de la residencia en un año natural. Como se puede ver los kWh totales consumidos en cada mes rondaría 11000 kWh, lo cual se puede considerar mucho pero contextualizado, viendo que se está haciendo un análisis de una residencia de ancianos donde viven cerca de 50 personas, sería lo normal.

Como se ha indicado la energía consumida en una residencia de ancianos es muy alta, ya que normalmente en este tipo de edificios la gente se encuentra dentro de ella durante el mayor tiempo del día. Por eso se puede ver que no varía el consumo durante todo el año, ya que normalmente en la casa que la mayoría de la gente vive, según la estación del año varía bastante el consumo. En invierno se gasta más que en verano ya que la gente suele salir más a la calle por las horas de sol que hay. En este caso también se ve que en invierno se consume más energía, pero no varía demasiado comparado con lo consumido en la estación de verano, como sí sucede en viviendas tradicionales.

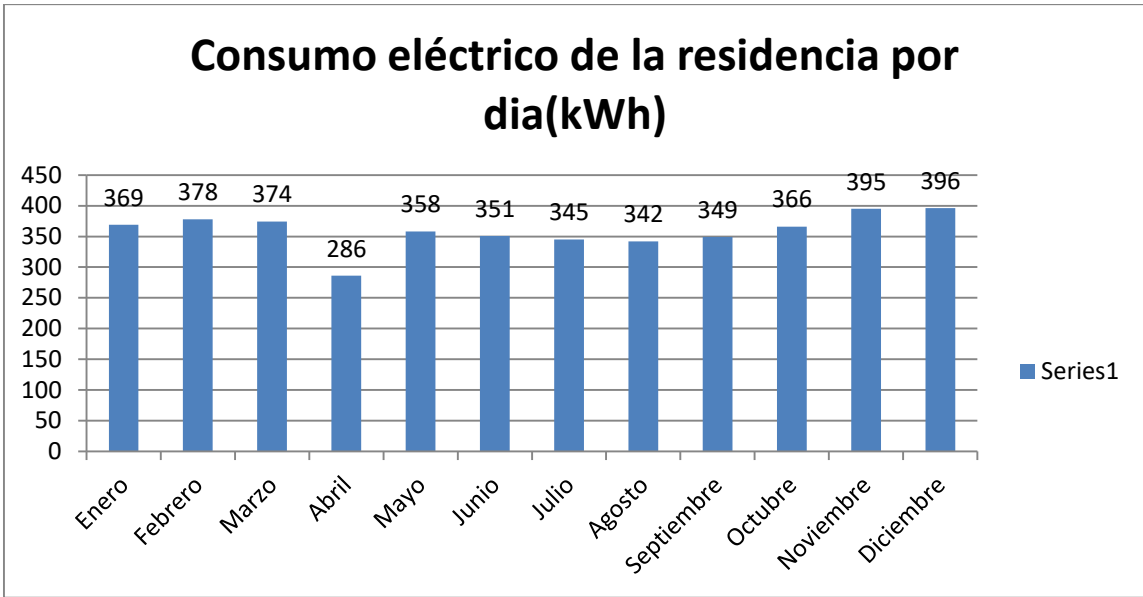


Gráfico 9: Consumo eléctrico de la residencia por día (kWh) (Elaboración propia)

Por lo tanto, para contextualizar y entender mejor cuánto es el consumo de cada persona de la residencia, primero se ha obtenido la siguiente gráfica y así se ha podido saber el consumo de la residencia por día.

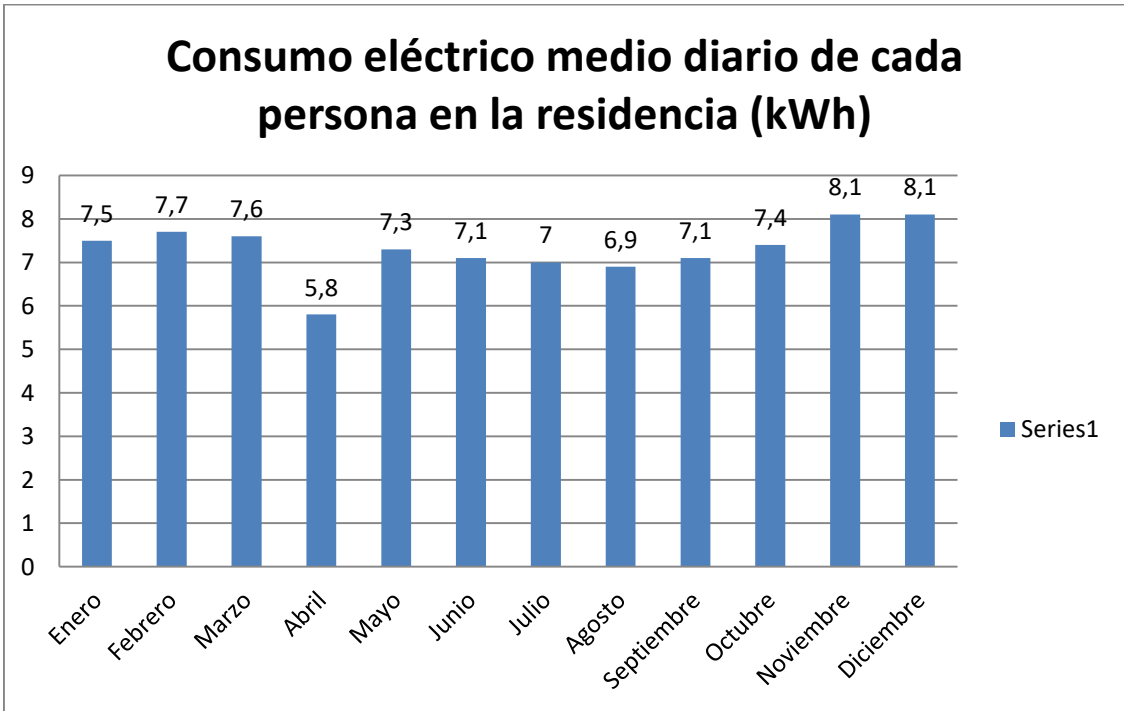


Gráfico 10: Consumo eléctrico medio diario de cada persona en la residencia (kWh) (Elaboración propia)

Por último, se ha obtenido el consumo de la residencia por día de cada persona. Primero, se ha comparado con el consumo medio mensual de una vivienda de 4 personas, que es de 290 kWh, lo que equivaldría 2,3 kWh por día de cada persona. Viendo esto, se puede decir que cada persona de la residencia de ancianos de Ondarroa consume más o menos tres veces lo que consume una persona de una vivienda. Esto se puede tomar como una cosa normal ya que como se ha indicado anteriormente las personas de estos centros suelen necesitar más cuidados y normalmente suelen estar más tiempo dentro del edificio con lo cual la energía consumida sería más elevada.

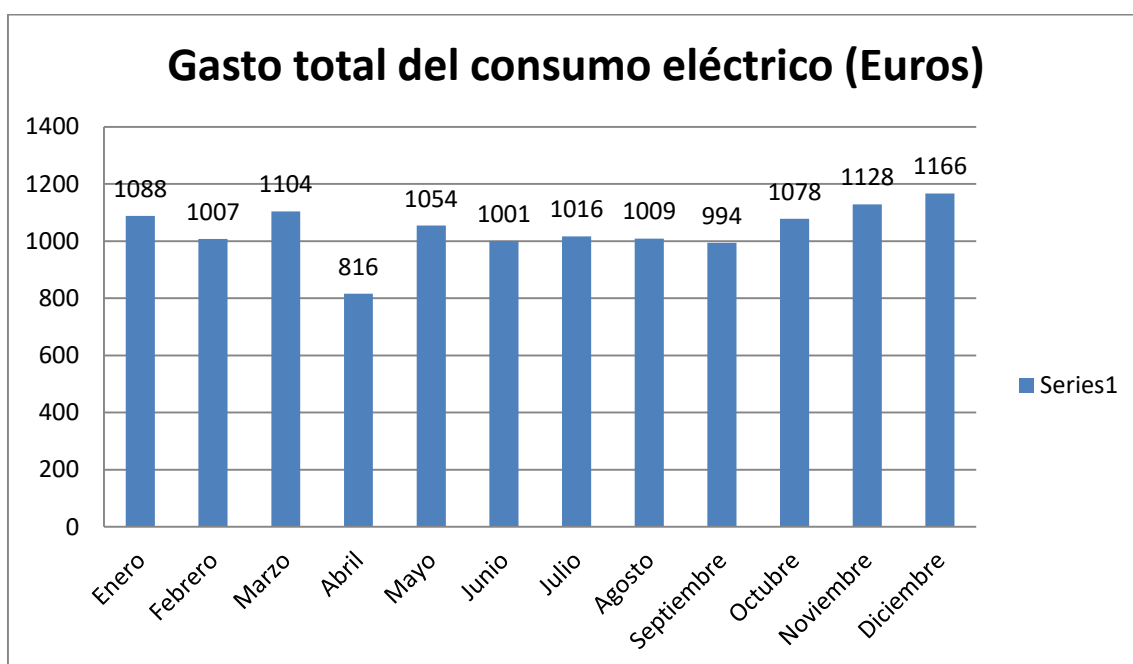


Gráfico 11: Gasto eléctrico total de la electricidad consumida (Euros) (Elaboración propia)

Sabiendo los datos de los consumos se ha obtenido la siguiente gráfica para ver cuánto dinero se necesitaría en cada mes para cubrir la demanda eléctrica, estableciendo el precio de la electricidad en 0,095€/kWh, que es la media del precio del último mes. El precio puede variar ya que en los años anteriores el precio ha estado en 0,14€/kWh más o menos.

Por lo tanto, para la residencia de ancianos solamente en electricidad al año se necesitarán 12461 €, lo cual, se puede considerar como un importe económico bastante importante. Para eso en los siguientes apartados se hará un análisis para poder encontrar la mejor manera de ahorrar y bajar estos costes de electricidad, utilizando energía solar.

8.3. Consumo del gas natural

En cuanto a los consumos de gas natural, la residencia de ancianos no ha podido proporcionar ningún dato, por lo tanto, analizando los promedios de consumo de gas natural de cada persona de España, se ha podido establecer que se gasta cada persona de media al año, 1250 kWh de gas natural (Tarifas gas luz, 2021). Ante esto, se ha dado el visto bueno para que se suponga que la demanda de gas natural en la residencia de ancianos sea dos veces mayor que de una persona de una vivienda.

Por lo tanto, se supone que cada persona de la residencia de ancianos al día consume 55 litros por día a 60°C, lo cual, al año consumirá 2500 kWh de gas natural, si no hay ninguna otra tecnología que le acompañe. En total, al año para cubrir toda la demanda, se tendrían que utilizar 122500 kWh de gas natural. Suponiendo que el precio del gas está sobre 0,042 €/kWh, al año se gastarán, 5145 €.

Para que esta demanda sea menor, se sabe que en la residencia de ancianos hay una instalación de paneles solares térmicos. Se ha utilizado el programa CHEQ4 para verificar si la instalación cubre la demanda.

Tabla de resultados					
Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
34	122.508	123.614	41.641	97.958	10.494

Gráfico 12: Resultados de la instalación solar térmica de la residencia de ancianos de Ondarroa (Elaboración propia)

Estos son los resultados que se obtienen mediante el programa de verificación de la instalación CHEQ4. Se puede ver que la instalación de los paneles solares térmicas aporta el 34% de la demanda total, 41641 kWh, lo cual serían un ahorro de 1749 € al año, y en cuanto a reducción de CO₂, serían 10494 kg. Pero como dice el programa, la instalación solar térmica especificada con los datos que se han citado anteriormente no cumple, los requerimientos de la contribución solar mínima exigida por la HE4.

Por lo tanto, con los consumos de gas natural y electricidad de la residencia de ancianos al año se necesitaría el siguiente aporte económico:

Consumo de electricidad: 12461 €

Consumo de gas natural: 5145 €

Ahorra mediante las placas solares térmicas: 1749 €

Importe total al año:

$$12461 + 5145 - 1749 = 15857 \text{ €}$$

Previamente se va a hacer un estudio de diferentes opciones para poder hacer una instalación solar FOTOVOLTAICA o solar térmica para saber la mejor opción ecológica y económica para la residencia de ancianos de Ondarroa.

9. Normativa actual aplicable

Para centrarse ya en la actualidad, los últimos dos RD para el autoconsumo son, el Real Decreto-ley 15/2018 y el Real Decreto 244/2019.

El primer RDL se hizo público el 5 de octubre de 2018 donde recogía medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Como objetivos de este RDL tenía los siguientes:

- El primer objetivo era solucionar el problema que había por el fuerte incremento del precio de la energía a consecuencia de los precios elevados del gas natural, petróleo y el carbón en el mercado internacional y por el incremento en la cotización de los derechos de emisión del CO₂.
- El segundo objetivo de este tratado era acelerar la transición a una economía más limpia y descarbonizada, mediante implantaciones de energías renovables, la eficiencia energética y la fomentación de la movilidad sostenible.

Por otra parte, con todo esto se quiere que el autoconsumo sea como un seguro ante los elevados precios de la electricidad y así poder resolver el problema del retraso que trajeron los anteriores RD en el desarrollo de la actividad de las energías renovables en España.

Los tipos de autoconsumo quedaron resumidos en dos: suministro sin excedentes y suministro con excedentes. Así daba la oportunidad de verter la energía excedente a la red eléctrica convencional.

Otra de las novedades que trajo este Real Decreto Ley fue poner en marcha el autoconsumo colectivo, que consiste en que varios propietarios compartan una o varias instalaciones de energías renovables, normalmente paneles figura voltaicos. Otro punto que hay que tener en cuenta, es que el RD señala que el autoconsumo queda exento de todo tipo de cargos y peajes, dejando sin validez al polémico “Impuesto del sol”, también llamado peaje de respaldo. También anunciaba la posibilidad de desarrollar mecanismos para la utilización del sistema de balance neto para el autoconsumo (Cambio energético, 2019).

Uno de los principales problemas para la paralización del autoconsumo que existían con las normas anteriores eran los trámites que se tenían que hacer en las administraciones, que suponían grandes dificultades y mucha tardanza para ver en marcha la instalación. Por eso, el nuevo RDL hacía que las instalaciones de menos de 100 kW no tuviesen que inscribirse y, además, cada comunidad autónoma se hacía cargo de las inscripciones, por lo tanto, esto hacía que el tiempo de poner en marcha las instalaciones se hiciese más rápido.

Otra novedad fue la simplificación de los trámites, ya que las instalaciones de autoconsumo sin excedentes y de potencia no superior a 15 kW en las urbanizaciones quedaron exentas de pedir permisos para hacer la instalación y conectarse por parte de las compañías eléctricas.

Por último, fue, la eliminación del límite de potencia contratada, permitiendo sobredimensionar la instalación con respecto a la potencia contratada.

Después del RDL del 2018, vino el RDL 15/2019 que vino a ser el anticipo del gran cambio legislativo que se estaba preparando, donde finalmente quedó desarrollado en el Real Decreto 244/2019 de 5 de abril.

En la modalidad de autoconsumo pasó a ser de dos tipos:

- Autoconsumo sin excedentes, es una modalidad que no se puede verter la energía a la red eléctrica, ya que no suele estar conectado a la red, y toda la energía que se produce, se autoconsume.
- Autoconsumo con excedentes, en este caso es lo contrario a la modalidad de autoconsumo sin excedentes ya que la instalación suele estar conectado a la red eléctrica y parte de la energía producida se inyecta en la red, pero en este caso hay dos subapartados:
 - Acogida de compensación: Lo primero que hay que tener en cuenta es que, en esta modalidad sólo pueden acogerse viviendas e industrias con potencias inferiores a 100 kW. En esta modalidad las comercializadoras eléctricas

compensan en la factura eléctrica el excedente de energía vertido a la red eléctrica.

- No acogida a compensación: En esta modalidad entran las instalaciones de más de 100 kW instalados, y en este caso los excedentes inyectados a la red serán vendidos, y no compensados como en el anterior caso.

Por otra parte, hay que añadir que las modalidades escogidas se pueden cambiar anualmente y además se pueden instalar sistemas de acumulación para guardar energía en todas las modalidades. En cambio, en caso de que el autoconsumo se realice conectado a la red, la modalidad escogida deberá ser con excedentes. (Cambio energético, 2019) (Heredia, 2019)

Después de ver, como es el autoconsumo fotovoltaico, donde hasta ahora se ha explicado el autoconsumo individual y dentro de estos, las modalidades diferentes que existen (sin excedentes y con excedentes) y dentro del autoconsumo con excedentes sus respectivas submodalidades (no acogida a compensación acogido a compensación), ahora se va a centrar en explicar cómo es el autoconsumo fotovoltaico colectivo.

El autoconsumo colectivo es que varios consumidores tengan la misma instalación para la producción de energía, estos pueden escoger una sola modalidad descritas anteriormente. Normalmente el autoconsumo colectivo se utiliza en urbanizaciones, edificios residenciales, centros comerciales o polígonos industriales donde varias empresas, casas, etc. pueden obtener energía limpia para abastecer las necesidades energéticas.

La energía que se produce mediante los paneles fotovoltaicos, como en este caso hay diferentes consumidores para una misma instalación, se acuerdan en función de unos coeficientes de reparto la energía que va a recibir cada consumidor. Ante esto, si un consumidor tiene excedentes de energía, no podrá ser aprovechado de otro consumidor del mismo colectivo y se tendrá que inyectar en la red los excedentes, a no ser que la instalación esté en la modalidad sin excedentes (Selectra, 2021).

Por otra parte, mediante este RD para poder hacer las instalaciones de autoconsumo las tramitaciones serán más ágiles en comparación del anterior RD de 2015 y esto hace que las instalaciones se pongan en marcha lo antes posible.

En cuanto a los regímenes de retribuciones, en la modalidad de autoconsumo fotovoltaico sin excedentes, solo existe el consumidor, en cambio, en la modalidad de excedentes hay dos, el consumidor y el productor. En el sujeto productor existen dos opciones para los excedentes:

- La venta de la energía a la red: Esta opción suele ser obligatoria para los autoconsumidores no acogidos a compensación de excedentes, aunque se puede aplicar en ambos casos. El precio de la energía vertida a la red se obtiene mediante el horario del pool o Régimen Retributivo Específico, si la instalación FOTOVOLTAICA está conectada a la red eléctrica convencional.
- Aplicación de mecanismos de compensación simplificada: Esta opción es aplicable solo para la modalidad de excedentes acogidos a compensación. Este caso es similar a lo que se hace en el balance neto, pero en cambio en vez de compensar mediante la energía se compensa económicamente. La energía que se consume de la red eléctrica es valorada al precio de horario puesta mediante la comercializadora, y por otro lado la energía que se quiere verter en la red eléctrica cuando esta energía no es necesaria, suele ser vertido al precio acordado con la comercializadora o al precio media de la hora (Selectra, 2021).

Cabe destacar que los mecanismos de compensación se hacen mensualmente, si los excedentes no han sido compensados en cada mes, se pierden sin generar ningún tipo de beneficio. Y el precio de la energía no necesaria o excedente nunca será más grande que la energía consumida. Esto quiere decir, que el sobredimensionamiento de las instalaciones de autoconsumo no es rentable, ya que el RD no da opción a que se pueda intentar sacar beneficio económico, ya que nunca llegaría a compensar en hora de baja producción los excedentes que se inyectan en horas de alta producción, con lo cual la económicamente sería deficiente. Por último, hay que añadir que para que este mecanismo funcione se necesitará un contador bidireccional. (Tarifas de gas luz, 2021)

10. Propuesta de instalación

Después de ver cómo funciona sistema de paneles térmicos de la residencia de ancianos, se ha pensado en una alternativa para los paneles solares térmicas que están instalados en el tejado de la residencia de ancianos, y para eso se hará un estudio de una instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red y otra con conexión a la red, y así se podrá saber si es viable o no nuestra propuesta.

10.1. Instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red

Para poder hacer el dimensionamiento de la instalación total sin conexión a la red eléctrica, primero se necesita el consumo total del edificio, por otra parte, la irradiación que hay en el lugar donde está situado el edificio y con eso se puede saber, cuantos paneles fotovoltaicos, baterías, reguladores e inversores se deberían instalar. Para hacer el dimensionamiento correcto se ha hecho paso a paso.



Figura 14: Esquema de una instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red (GRUPO PUIGCERCÓS)

Este sería el esquema de una instalación de paneles fotovoltaicos sin conexión a la red, con todos los componentes de la dicha instalación, con módulos fotovoltaicos, regulador de carga, baterías e inversor.

10.1.1. Conocer el consumo del edificio

Con los datos que ha podido ofrecer la residencia de ancianos hemos podido obtener gráfica que represente el consumo total de mes a mes.

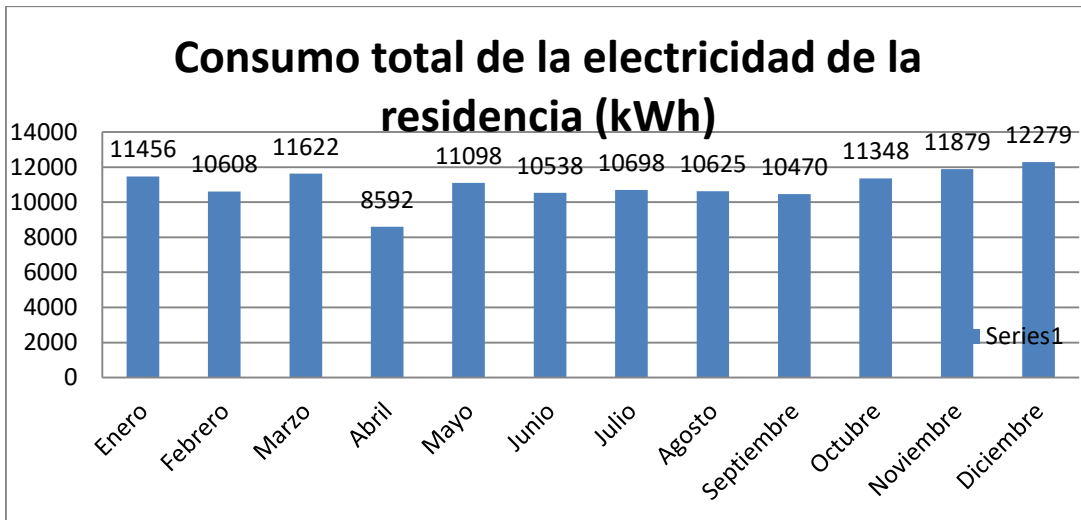


Gráfico 13: Consumo total de la electricidad de la residencia en cada mes (Elaboración propia)

Asimismo, se ha representado el consumo diario de la residencia cada mes.

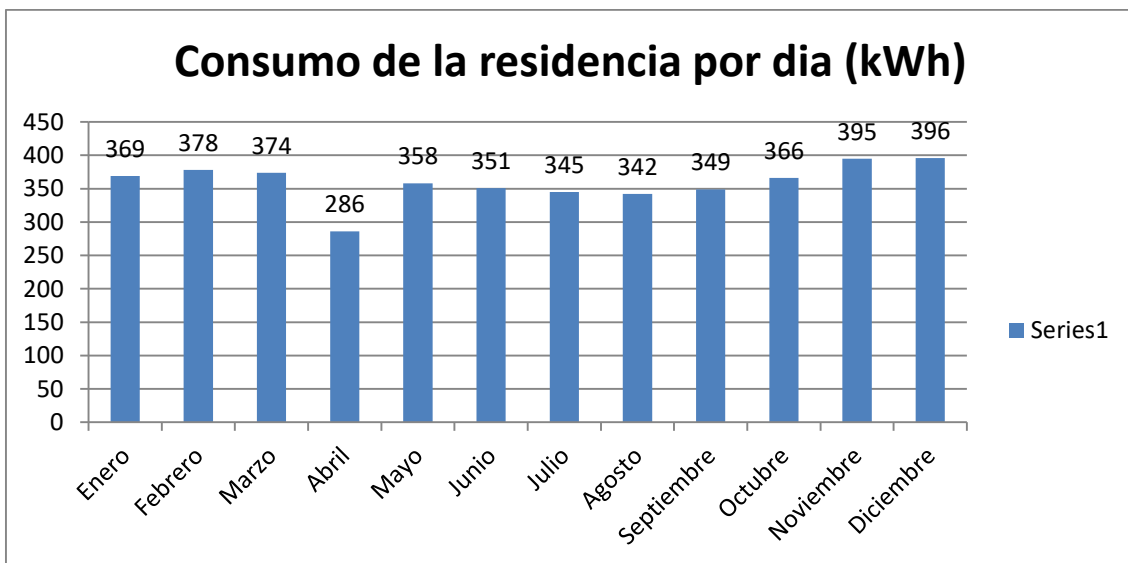


Gráfico 14: Consumo de la residencia por día (kWh) (Elaboración propia)

Para poder seguir con el dimensionamiento los datos más interesantes para el estudio son los consumos mínimos, medios y máximos.

$L_{d_{\min}} = 286 \text{ kWh/día y mes}$

$L_{d_{\max}} = 396 \text{ kWh/día y mes}$

$L_{d_{\text{med}}} = 359 \text{ kWh/ día y mes}$

10.1.2. Conocer la irradiación del lugar de la residencia

Después de saber los consumos y ordenar correctamente para poder seguir adecuadamente con el estudio, el siguiente paso es saber cuánta energía se podría obtener del lugar donde se instalarán los paneles fotovoltaicos y para eso en este paso se analiza la irradiación disponible a una inclinación de 60 °, ya que, con esta inclinación en peor mes, que normalmente suele ser, enero o diciembre, se puede obtener la máxima irradiación. Mediante (Ente vasco de la energía (EVE), 1998) se han obtenido la irradiación media diaria mensual:

Orientación sur a 60°	Irradiación media diaria mensual (Wh/m ²)	HSPm	HSPm/Ldm	HSPm/Ldmax
Enero	2134	2,13	0,0059443	0,0053875
Febrero	2625	2,62	0,0073120	0,0066271
Marzo	3067	3,06	0,0085432	0,0077430
Abril	3495	3,49	0,0097354	0,0088235
Mayo	3770	3,77	0,0105014	0,0095178
Junio	3823	3,82	0,0106490	0,0096516
Julio	3956	3,95	0,0110195	0,0099874
Agosto	4007	4	0,0111616	0,0101161
Septiembre	3711	3,71	0,0103370	0,0093688
Octubre	3213	3,21	0,0089499	0,0081116
Noviembre	2564	2,56	0,0071421	0,0064731
Diciembre	1784	1,78	0,0049694	0,0045039

Tabla 1: Valores de irradiación con orientación sur a 60° (Elaboración propia)

En la primera columna aparece la irradiación diaria mensual, por otra parte, se ha obtenido el valor medio de las horas solares pico (HSP_m) y, por último, mediante las dos últimas columnas se ha querido saber cuál es el mes que menor coeficiente tiene. Intuitivamente, el menor valor tendría que ser en invierno ya que son los meses donde menos irradiación hay, y, por otra parte, normalmente donde más se consume. En este caso el peor caso sería el mes de diciembre, ya que es el mes donde más se consume y donde menos irradiación hay.

10.1.3. Tamaño inicial del sistema fotovoltaico

Inicialmente, el tamaño del sistema de generación FOTOVOLTAICA se obtiene sin pérdidas,

P_{GNmic} , y se calcula con la siguiente ecuación:

$P_{GNmic}(kWp) = \frac{F_{SG} \cdot L_{dm}}{HSP} F_{SG}$ Es el factor de seguridad del generador, en este caso de los paneles solares fotovoltaicos, donde en España el indicado valor oscila entre 1,1 para la zona sur y 1,3 para la zona norte. Como la localización de la residencia de ancianos está en Ondarroa, zona costera hemos escogido el valor de 1,3.

L_{dm} = Consumo diario medio o máximo mensual en kWh.

Por lo tanto, se ha obtenido la siguiente tabla para los consumos medio y máximo diario.

$P_{GNmic}(kW)$	L_{dmed}	L_{dmax}
1 día	261,603139	288,637892

Tabla 2: Consumo medio y máximo diario (Elaboración propia)

Para saber cuál es la potencia real de la instalación FOTOVOLTAICA se ha estimado que las pérdidas reales de instalación serán del %35.

$P_{GN}(kW)$	L_{dmed}	L_{dmax}
1 día	402,466368	444,058296

Tabla 3: Estimación de la potencia real de la instalación (Elaboración propia)

Sabiendo la potencia que se debe instalar, se ha escogido el tipo de módulo:

Panel solar 440W monocristalino LR4-72 HPH 440 M, 2094x1038x35 mm, Longi Solar. (Longi Solar)

Este panel solar tendrá una potencia nominal de 440 W y las demás características del módulo fotovoltaico escogido para la instalación serán las siguientes:

Potencia	
Potencia (W)	440W
Especificaciones técnicas del panel solar	
Número de células	144
Corriente máxima módulo (Imp/A)	10,71
Tensión de potencia máx. (Vmp)	41,1
Tensión de circuito abierto (Voc)	48,9
Corriente de corto circuito (Isc)	11,46
Coef. de temp Pmax (%)/°C	-0.35 %/°C
Coef. de temp Voc (%)/°C	-0.27 %/°C
Coef. de temp Isc (%)/°C	+0.048 %/°C

Tipo de célula	Monocrystalina
-----------------------	----------------

Tabla 4: Características del módulo fotovoltaico (Longi Solar)

Por lo tanto, sabiendo la potencia necesaria y la potencia de cada módulo fotovoltaico se ha podido obtener la cantidad de paneles solares fotovoltaicos que se deberán instalar.

Número de paneles	Ld _{med}	Ld _{max}
1 día	915	1011

Tabla 5: Cantidad de paneles solares fotovoltaicos que se deberían instalar (Elaboración propia)

Otro dato interesante es que cada panel tiene 144 células solares, es un caso particular ya que en un mismo panel hay dos bloques de 72 células en paralelo entre sí. Las células de cada panel multiplicándose por el número de paneles de cada caso:

Número de células	Ld _{med}	Ld _{max}
1 día	131760	145584

Tabla 6: Número de células de los paneles a instalar (Elaboración propia)

También, es importante saber las dimensiones de cada panel, para saber la superficie total que ocuparía toda la instalación.

Información sobre el producto	
Ancho de producto (mm)	1038 mm
Alto/largo producto (mm)	2094 mm
Profundidad producto (mm)	35 mm

Tabla 7: Las dimensiones de cada panel (Red Solar)

Así, la superficie de cada panel es de 2,173m².

Superficie total de la instalación FOTOVOLTAICA (m ²)	Ld _{med}	Ld _{max}
1 día	1988,295	2196,9

Tabla 8: Superficie total de la instalación FOTOVOLTAICA (m²) (Elaboración propia)

Una de las cosas más importantes para hacer una instalación de este tipo, es saber el precio que saldría instalar los paneles fotovoltaicos. El precio de cada módulo es de 169,03 €. Por lo tanto, el precio total de todas las placas FOTOVOLTAICAS aparece en la tabla 9.

Precio módulos fotovoltaicos (€)	Ld _{med}	Ld _{max}
1 día	154662,5	170889,3

Tabla 9: Precio total de las placas FOTOVOLTAICAS (Elaboración propia)

10.1.4. Dimensionamiento de las baterías

Para obtener el C_{Bu}, se han supuesto diferentes escenarios, para una autonomía de 3 días como de 5 días y, por otra parte, para el consumo medio y el máximo.

	Capacidad útil (Wh)	Ld _{med}	Ld _{max}
F _{SB}	3 días	1077000	1188300
	5 días	1795000	1980500

Tabla 10: Cálculo de la capacidad útil para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)

Para saber cuánto vasos de baterías se necesitan, lo primero que se debe hacer es fijar la tensión nominal del banco de baterías. Las baterías escogidas son de Plomo-Ácido, cuya celda tipo tiene 2V nominales y una capacidad de 4600 Ah (GNB Industrial Power).

Las tensiones nominales para los bancos de baterías más habituales suelen ir de 12 en 12 voltios: 12V, 24V, 48V, 60V... En nuestro caso, la tensión V_N escogida es de 24 V.

Según la tensión nominal del banco de baterías, V_N, Se ha calculado la capacidad necesaria del mismo en amperios-hora, C_{BN}, para cada una de las capacidades útiles, C_{Bu} del apartado anterior, mediante la siguiente ecuación:

$$C_{BN} = \frac{C_{Bu}}{V_n \cdot P_{Dmáx}}$$

P_{Dmáx}: Profundidad máxima de descarga, en nuestro caso es de 0,6, ya que así la batería no se deteriora tanto.

V_N= 24 V.

C_{Bu}= Capacidad útil, para cada caso será diferente, como se ha indicado en el anterior apartado.

C_{BN}=Capacidad necesaria.

Capacidad necesaria (Wh)		Ld _{med}	Ld _{max}
F _{SB}	3 días	74791,6667	82520,8333
	5 días	124652,778	137534,722

Tabla 11: Cálculo de la capacidad necesaria para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)

Por lo tanto, en la tabla se puede ver que para cada caso se ha obtenido la capacidad necesaria para poder almacenar la energía excedente para nuestro caso en particular.

10.1.5. Composición de los vasos

Para la colocación de serie/paralelo de los vasos, en primer lugar, se tienen que ver las características de las celdas. En este caso se ha escogido el que más capacidad nominal tiene, 4600 Ah.

Para lograr la tensión nominal de banco, de 24 V y como cada celda tiene una tensión nominal de 2V se deben colocar en todos los casos 12 elementos en serie. $V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_{12}$.

Por otra parte, para conseguir la capacidad de almacenamiento necesaria, como en serie la capacidad es constante, se deben colocar los bloques necesarios para cada caso en paralelo, para así sumar la capacidad requerida.

Technical characteristics and data

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C ₂₀ 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
OPzS Solar 190	NVSL020190WCOFB	2	190	105	208	395	115	13.7	5.20	1.45	1400	F-M8	1
OPzS Solar 245	NVSL020245WCOFB	2	245	105	208	395	115	15.2	5.00	1.05	1950	F-M8	1
OPzS Solar 305	NVSL020305WCOFB	2	305	105	208	395	115	16.6	4.60	0.83	2450	F-M8	1
OPzS Solar 380	NVSL020380WCOFB	2	380	126	208	395	136	20.0	5.80	0.72	2850	F-M8	1
OPzS Solar 450	NVSL020450WCOFB	2	450	147	208	395	157	23.3	6.90	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 550	NVSL020550WCOFB	2	550	126	208	511	136	26.7	8.10	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 660	NVSL020660WCOFB	2	660	147	208	511	157	31.0	9.30	0.56	3650	F-M8	1
OPzS Solar 765	NVSL020765WCOFB	2	765	168	208	511	178	35.4	10.8	0.50	4100	F-M8	1
OPzS Solar 985	NVSL020985WCOFB	2	985	147	208	686	157	43.9	13.0	0.47	4350	F-M8	1
OPzS Solar 1080	NVSL021080WCOFB	2	1080	147	208	686	157	47.2	12.8	0.43	4800	F-M8	1
OPzS Solar 1320	NVSL021320WCOFB	2	1320	212	193	686	222	59.9	17.1	0.30	6800	F-M8	2
OPzS Solar 1410	NVSL021410WCOFB	2	1410	212	193	686	222	63.4	16.8	0.27	7500	F-M8	2
OPzS Solar 1650	NVSL021650WCOFB	2	1650	212	235	686	222	73.2	21.7	0.26	7900	F-M8	2
OPzS Solar 1990	NVSL021990WCOFA	2	1990	212	277	686	222	86.4	26.1	0.23	8900	F-M8	2
OPzS Solar 2350	NVSL022350WCOFA	2	2350	212	277	836	222	108	33.7	0.24	8500	F-M8	2
OPzS Solar 2500	NVSL022500WCOFA	2	2500	212	277	836	222	114	32.7	0.22	9300	F-M8	2
OPzS Solar 3100	NVSL023100WCOFA	2	3100	215	400	812	225	151	50.0	0.16	12800	F-M8	3
OPzS Solar 3350	NVSL023350WCOFA	2	3350	215	400	812	225	158	48.0	0.14	14600	F-M8	3
OPzS Solar 3850	NVSL023850WCOFA	2	3850	215	490	812	225	184	60.0	0.12	17000	F-M8	4
OPzS Solar 4100	NVSL024100WCOFA	2	4100	215	490	812	225	191	58.0	0.11	17800	F-M8	4
OPzS Solar 4600	NVSL024600WCOFA	2	4600	215	580	812	225	217	71.0	0.11	18600	F-M8	4

Tabla 12: Datos y características técnicas de las baterías. (GNB Industrial Power)

Para cada caso, los elementos escogidos son los siguientes:

Caso 3 días de autonomía y Ld_{med}: OPzS 2V 4600 Ah. Capacidad de 4600 Ah \square 17 bloques en paralelo de 12 celdas en serie.

Caso 3 días de autonomía y Ld_{max} : OPzS 2V 4600 Ah. Capacidad de 4600 Ah \approx 18 bloques en paralelo de 12 celdas en serie.

Caso 5 días de autonomía y Ld_{med} : OPzS 2V 4600 Ah. Capacidad de 4600 Ah \approx 28 bloques en paralelo de 12 celdas en serie.

Caso 5 días de autonomía y Ld_{max} : OPzS 2V 4600 Ah. Capacidad de 4600 Ah \approx 30 bloques en paralelo de 12 celdas en serie.

	Capacidad real (Wh)	Ld_{med}	Ld_{max}
F_{SB}	3 días	78200	82800
	5 días	128800	138000

Tabla 13: Cálculo de la capacidad real para el consumo medio y el máximo para dos factores de seguridad, 3 y 5 días (Elaboración propia)

La capacidad real de estos sería los que aparecen en la siguiente tabla para cada caso, normalmente suelen ser algo más de lo que suele ser teóricamente.

Los elementos totales que se necesitan para cada caso:

Caso 3 días de autonomía y Ld_{med} : 204 elementos en total. 12S 17P

Caso 3 días de autonomía y Ld_{max} : 216 elementos en total. 12S 18P

Caso 5 días de autonomía y Ld_{med} : 336 elementos en total. 12S 28P

Caso 5 días de autonomía y Ld_{max} : 360 elementos en total. 12S 30P

Viendo los resultados obtenidos y sabiendo que para un funcionamiento correcto de las baterías no es aconsejable que en paralelo haya más de dos bloques, se ha decidido que configuración sea 12S1P y para cada caso haya 17, 18, 28 o 30 grupos. Más adelante se explicará y condiciona la configuración de los reguladores, inversores y los paneles.

Por otra parte, al igual que en los paneles fotovoltaicos, es muy importante saber la superficie total que ocupan las baterías para poder saber cuánto espacio se necesita para que la instalación sea posible.

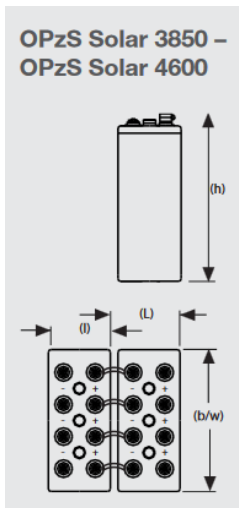


Figura 15: Dibujos de las diferentes perspectivas de las baterías (GNB Industrial Power)

Sabiendo la superficie que ocupa cada uno de los bancos de baterías es de $0,1247 \text{ m}^2$, se establece la superficie total de las baterías para cada caso:

Superficie total de baterías(m_2)	Ld_{med}	Ld_{max}
3 días	25,4388	26,9352
5 días	41,8992	44,892

Tabla 14: Superficie total de las baterías para cada caso (Elaboración propia)

En la Tabla 12, que aparecen las características de los vasos, se obtiene el dato del peso de cada elemento, ya que es muy importante saber el peso total de la instalación de las baterías para saber dónde colocar los elementos. En la siguiente tabla aparece el peso de las baterías para cada caso:

Peso total de las baterías (kg)	Ld_{med}	Ld_{max}
3 días	44268	46872
5 días	72912	78120

Tabla 15: Peso de las baterías para cada caso (Elaboración propia)

Para finalizar con las baterías es muy importante saber el coste total de la instalación. El precio de cada vaso es de $1492,76 \text{ €}$, por lo tanto, en la siguiente tabla aparecen los precios totales para cada caso:

Precio baterías (€)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	304523,04	322436,16
5 días	501567,36	537393,6

Tabla 16: Precio total de las baterías para cada caso (Elaboración propia)

10.1.6. Dimensionamiento de regulador de carga

Después de saber cuántos paneles y cuantos vasos de baterías se necesitan para poder saber el dimensionamiento del regulador de carga, se establece mediante la configuración de las baterías. Como se ha indicado anteriormente las baterías tendrán una configuración de 12S1P eso hace que la capacidad total de la batería total este dividida equitativamente en distintos grupos para cada caso.

Grupos según las baterías	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	17	18
5 días	28	30

Tabla 17: Cantidad de grupos según las baterías para cada caso (Elaboración propia)

De los 915 paneles totales para un consumo medio y 1011 paneles totales para un consumo máximo, en cada grupo se dividirán los paneles correspondientes:

Número de paneles en cada grupo	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	53,823	56,166
5 días	32,678	33,7

Tabla 18: Paneles correspondientes en cada grupo (Elaboración propia)

Como en este caso al dividir no sale un número redondo, en algunos grupos habrá un panel más que el número indicado: 54, 57, 33 y 34.

Por otra parte, sabiendo el número de paneles que habrá en cada grupo se ha obtenido la potencia de estos:

Potencia por paneles en cada grupo(kW)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	23,682	24,713
5 días	14,378	14,828

Tabla 19: Potencia calculada a partir del número de paneles (Elaboración propia)

Teniendo todos estos datos, se ha escogido el regulador de carga MPPT para una entrada de potencia FOTOVOLTAICA máxima de 1,1 kW. Es un regulador de carga como su nombre bien

dice (Maximum Power Point Tracking) hace trabajar al panel solar en el punto de máxima potencia. Este tipo de reguladores hace que se puedan obtener ventajas, por ejemplo, no hace falta que los paneles y las baterías tengan el mismo voltaje, ya que puede operar en distintos voltajes como se puede observar en la siguiente tabla.

Parámetro	Valor		
	2420	2430	2440
Voltaje del sistema	12V/24V Auto		
Consumo sin carga	0.7W a 1.2W		
Voltaje de batería	9V a 35V		
Máx. voltaje de entrada	100V (25°C) 90V (-25°C)		
Rango de voltaje MPPT máx.	Voltaje de batería +2V a 75V		
Corriente de carga máx.	20A	30A	40A
Corriente de carga máx. CC	20A		
Capacidad de carga máx.	10000uF		
Entrada potencia fotovoltaica máx.	260W/12V 520W/24V	400W/12V 800W/24V	550W/12V 1100W/24V
Eficiencia de conversión	≤98%		
Eficiencia del MPPT	>99%		
Compensación por temperatura	-3mv/°C/2V (por defecto)		
Rango de temperatura ambiente	-35°C a +45°C		
Grado de protección	IP32		
Peso	1.4Kg	2Kg	2Kg
Método de comunicación	RS232		
Altitud	≤3000m		
Dimensiones	210*151*59.5mm	238*173*72.5mm	238*173*72.5mm

Tabla 20: Características del regulador de carga (REGULADOR DE CARGA MPPT)

Por otro lado, y el mismo regulador va “escogiendo” el voltaje de cada momento, ya que la temperatura y radiación de cada momento varía y esto hace que en cada momento el panel la potencia máxima que puede dar, varíe, así el MPPT hace que en cada momento se aproveche y cargue las baterías a máxima potencia.

10.1.7. Explicación de un MPPT

Como se puede ver en la figura en cada momento según la irradiación, se puede obtener distintas curvas de potencia y el MPPT hace que siempre se obtenga de cada momento la máxima potencia para así poder aprovechar al máximo y no perder energía.

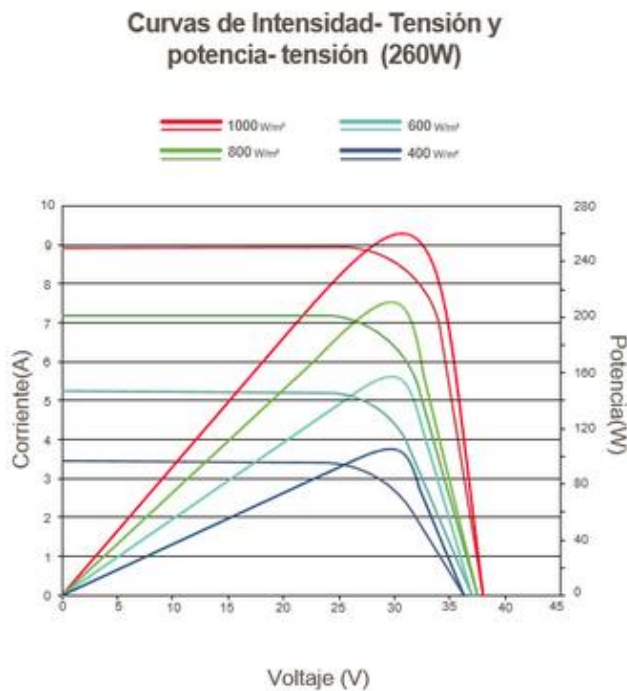


Gráfico 15: Ejemplo de curvas MPPT para cada radiación (PÉREZ, 2014-2015)

Por otra parte, mediante el MPPT no siempre se obtendrá la máxima potencia ya que este aparato da la oportunidad para que en cada momento se extraiga la potencia que se quiera obtener, dado que puede llegar el caso de que no se necesite la máxima energía, por lo tanto, se regula la potencia para extraer la energía necesaria en ese momento concreto. (YUBA, 2015)

10.1.8. Cantidad de reguladores de carga

Sabiendo esto, dentro de cada grupo establecido por las baterías, habrá los siguientes reguladores de carga.

Subgrupos según los reguladores de carga(kW)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	26,911	28,083
5 días	16,339	16,85

Tabla 21: Tipos de reguladores de carga según el grupo de baterías (Elaboración propia)

En cada subgrupo de cada regulador habrá conectados dos paneles en paralelo para que la corriente no sea muy grande y que el regulador pueda soportar. En este caso también como ha sucedido anteriormente habrá un regulador más ya que al dividir no sale un número redondo de reguladores.

Número total de reguladores de carga	Ld _{med}	Ld _{max}
--------------------------------------	-------------------	-------------------

3 días	457,5	505,5
5 días	457,5	505,5

Tabla 22: Número total de reguladores de carga para cada caso (Elaboración propia)

Por lo tanto, en cada grupo de baterías como debe haber entre 27, 29, 17 y 17 reguladores de carga el número total de reguladores de carga se puede ver en la tabla 20.

Precio total de los reguladores de carga (€)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	93874,425	103723,545
5 días	93874,425	103723,545

Tabla 23: Precio total de los reguladores de carga (Elaboración propia)

El precio de cada regulador de carga es de 205,19 €, por lo tanto, el precio total de los reguladores de carga es el que se puede ver en la tabla 23.

10.1.9. Dimensionamiento del inversor

En cuanto al dimensionamiento del inversor se debe de tener en cuenta la potencia contratada del edificio, teniendo en cuenta que el edificio se consume mucho y en un tiempo relativamente constante se ha decidido que para un edificio así la potencia contratada sería de 60 kW.

Ante esta situación se ha encontrado un inversor de 5 kW (Technosun), que se puede considerar un inversor de gran potencia.

Como ha sucedido anteriormente con las baterías, módulos fotovoltaicos y los reguladores, los inversores también se han dividido en grupos para poder llegar a los 60 kW de potencia.

Subgrupos según los inversores(kW)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	3,52941176	3,333333333
5 días	2,14285714	2

Tabla 24: Subgrupos según los inversores (kW) (Elaboración propia)

En cada grupo de baterías se necesitan los inversores indicados en la tabla 24. Como se ha comentado con anterioridad, al no salir en algunos casos un número redondo se tendrá que instalar un inversor más.

Número total de inversores	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	60	60
5 días	60	60

Tabla 25: Inversores necesarios en cada grupo de baterías (Elaboración propia)

Como sucede en el anterior caso, en cada grupo de baterías tiene que haber 3 o 2 inversores, por lo tanto, el número total de los inversores aparece en la tabla 25.

Precio total de los inversores (€)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	136920	136920
5 días	136920	136920

Tabla 26: Precio total de los inversores (Elaboración propia)

El precio de cada inversor es de 2282 €, por lo tanto, el precio total de los inversores aparece en la tabla 26.

10.1.10. Conclusiones de un sistema fotovoltaico aislado

De entrada, se puede decir que la instalación FOTOVOLTAICA con baterías aislado de la red eléctrica convencional no es viable.

Precio total (€)	Ld _{med}	Ld _{max}
3 días	689979,915	733969,035
5 días	887024,235	948926,475

Tabla 27: Precio total de la instalación FOTOVOLTAICA con baterías aislado de la red eléctrica convencional (Elaboración propia)

Primero, viendo el precio total de la instalación se puede ver que para todos los casos es inviable.

Por otra parte, la superficie que ocupan los paneles sería excesivo y también de las baterías.

En cuanto a las baterías, se tendrían que instalar en una planta baja ya que el peso de estas sería excesivo para poder soportarlo en plantas más elevadas.

10.2. Instalación de paneles fotovoltaicos con conexión a la red

Para este caso en particular, la cantidad máxima de paneles que se pueden instalar proporciona la superficie aprovechable que tiene el tejado de la residencia de ancianos. Por lo tanto, primero se necesita saber la superficie aprovechable, por otra parte, la irradiación que hay en el lugar donde está situado el edificio para saber cuánta energía se puede obtener con los paneles totales instalados, después cuántos inversores son necesarios y por último el contador para saber la energía que se vierte a la red cuando no se necesita y cuánta energía se extrae de la red eléctrica convencional, para cuando no se genere suficiente energía con los paneles fotovoltaicos. Por lo tanto, para poder hacer un dimensionamiento correcto se ha hecho paso a paso.

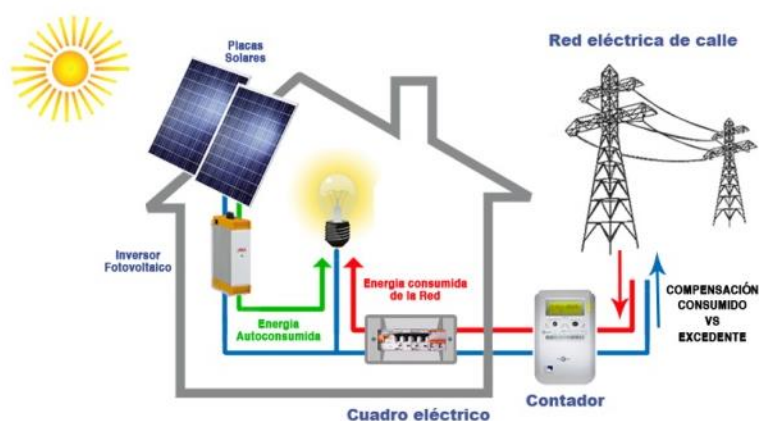


Figura 16: Esquema de la instalación solar FOTOVOLTAICA de conectada a la red (Tu tienda energética, 2019)

Este sería el esquema general de la instalación con los módulos fotovoltaicos conectados a la red con los componentes, inversor y contador para el correcto funcionamiento.

10.2.1. Superficie aprovechable en el edificio

Para saber cuántos paneles se pueden instalar, primero se debe saber la superficie aprovechable que tiene el edificio. Por otro lado, viendo la orientación que tiene el tejado en la figura 12, los mejores sitios para la instalación de los paneles son, la parte de este del tejado y la parte sur, lugar donde están instalados actualmente los paneles solares térmicos.

Los datos más relevantes de la parte sur del tejado de la residencia son los siguientes:

- Inclinación del tejado: 33,7 °

- Base mayor de la parte sur, anchura de la parte alta del edificio(tejado): 26,3 m
- Base menor de la parte sur (descontando el lucernario):8,9 m
- Altura de la parte sur: 9,1 m
- Área disponible para la instalación de paneles solares en el sur del tejado: 160,16 m²

Por otra parte, los datos más relevantes de la parte este del tejado de la residencia son los siguientes:

- Inclinación del tejado: 33,7 °
- Base mayor de la parte este, anchura de la parte alta este del edificio(tejado): 23,3 m
- Base menor de la parte este (descontando el lucernario):5,6 m
- Altura de la parte este: 8,5 m
- Desviación de 5 ° sexagesimales desde el este hacia el norte, al igual que en el caso de los paneles instalados en la zona sur del tejado.
- Área disponible para la instalación de paneles solares en el este del tejado: 122,8 m²

10.2.2. Número de paneles que se pueden instalar

Los paneles que se han pensado instalar son los mismos que en el anterior caso. Para saber el número de paneles que se pueden instalar en cada tejado, es importante saber las dimensiones de cada panel (Tabla 7), para saber la superficie total que ocuparía toda la instalación.

La superficie de cada panel es de 2,173 m².

Si el tejado fuese cuadrado se aprovecharía todo el tejado y se podrían instalar la siguiente cantidad de paneles para cada parte del tejado:

	Tejado sur	Tejado este
Número de paneles	73	56

Tabla 28: Número de paneles si el tejado fuera cuadrado (Elaboración propia)

Se puede ver en las figuras que el tejado tiene forma de trapecio, por lo tanto, mucha superficie no se podrá aprovechar. En caso de los paneles solares térmicos que tienen una superficie similar al de los paneles solares fotovoltaicos, están instalados 32 módulos, lo máximo que se puede.

Por lo tanto, en el cada tejado guardando las proporciones se podrían instalar:

	Tejado sur	Tejado este
Número de paneles	32	24

Tabla 29: Número de paneles a colocar en el tejado (Elaboración propia)

10.2.3. La irradiación para cada sitio

Sabiendo los paneles totales que se pueden instalar en cada sitio del tejado, se han obtenido las irradiaciones para cada orientación mediante (Ente vasco de la energía (EVE), 1998).

Para la orientación sur a 33,7 °:

Orientación sur a 33,7°	Irradiación diaria (H)(kWh/m ²)	media mensual	Horas solares pico HSP _m (h)	H/Ldm	H/Ldmax
Enero	1,933	1,933	1,933	0,0053844	0,00488008
Febrero	2,560	2,560	2,560	0,00713092	0,00646301
Marzo	3,270	3,270	3,270	0,00910864	0,00825549
Abril	4,064	4,064	4,064	0,01132033	0,01026004
Mayo	4,653	4,653	4,653	0,012961	0,01174703
Junio	4,880	4,880	4,880	0,01359331	0,01232012
Julio	4,961	4,961	4,961	0,01381894	0,01252461
Agosto	4,737	4,737	4,737	0,01319499	0,0119591
Septiembre	4,047	4,047	4,047	0,01127298	0,01021712
Octubre	3,182	3,182	3,182	0,00886351	0,00803332
Noviembre	2,337	2,337	2,337	0,00650975	0,00590003
Diciembre	1,610	1,610	1,610	0,00448468	0,00406463

Tabla 30: Irradiación para la orientación sur 33,7° (Elaboración propia)

Para la orientación este a 33,7 °:

Orientación este a 33,7 °	Irradiación diaria (H)(kWh/m ²)	media mensual	Horas solares pico HSP _m (h)	H/Ldm	H/Ldmax
Enero	1,322	1,322	1,322	0,00368245	0,00333754
Febrero	1,914	1,914	1,914	0,00533148	0,00483211

Marzo	2,702	2,702	0,00752646	0,00682151
Abril	3,647	3,647	0,01015877	0,00920727
Mayo	4,385	4,385	0,01221448	0,01107044
Junio	4,756	4,756	0,01324791	0,01200707
Julio	4,734	4,734	0,01318663	0,01195153
Agosto	4,302	4,302	0,01198329	0,01086089
Septiembre	3,406	3,406	0,00948747	0,00859884
Octubre	2,402	2,402	0,00669081	0,00606413
Noviembre	1,603	1,603	0,00446518	0,00404696
Diciembre	1,079	1,079	0,00300557	0,00272406

Tabla 31: Irradiación para la orientación este a 33,7º (Elaboración propia)

En estos dos casos como sucedía en la propuesta de instalación sin conexión a la red, el peor caso sería el mes de diciembre, ya que es el mes donde más se consume y donde menos irradiación hay. Como se puede ver la irradiación media diaria dividida entre el consumo, el número más pequeño es en diciembre, que sería el mes más restrictivo.

Por otra parte, con estos datos se podrán sacar la energía que se obtiene mediante los paneles fotovoltaicos en cada mes.

10.2.4. Energía obtenida en cada mes

Sabiendo cuántos paneles se pueden instalar en cada lado del tejado, y sabiendo que la potencia de cada uno de los paneles es de 440 W, se han obtenido la energía que se obtiene en cada parte del tejado en cada mes:

Orientación sur	1 panel	32 paneles
Energía de PFV por día en Enero(kWh)	0,552838	17,690816
Energía de PFV por día en Febrero(kWh)	0,73216	23,42912
Energía de PFV por día en Marzo(kWh)	0,93522	29,92704
Energía de PFV por día en Abril(kWh)	1,162304	37,193728
Energía de PFV por día en Mayo(kWh)	1,330758	42,584256
Energía de PFV por día en Junio(kWh)	1,39568	44,66176
Energía de PFV por día en Julio(kWh)	1,418846	45,403072
Energía de PFV por día en Agosto(kWh)	1,354782	43,353024
Energía de PFV por día en Septiembre(kWh)	1,157442	37,038144

Energía de PFV por día en Octubre(kWh)	0,910052	29,121664
Energía de PFV por día en Noviembre(kWh)	0,668382	21,388224
Energía de PFV por día en Diciembre(kWh)	0,46046	14,73472
Energía de PFV por día en todo el año(kWh)	12,0789	386,5255

Tabla 32: Energía obtenida en cada mes por día para la orientación sur (Elaboración propia)

Orientación sur	1 panel	32 paneles
Energía de PFV media en Enero(kWh)	17,137978	548,415296
Energía de PFV media en Febrero(kWh)	21,9648	702,8736
Energía de PFV media en Marzo(kWh)	28,99182	927,73824
Energía de PFV media en Abril(kWh)	34,86912	1115,81184
Energía de PFV media en Mayo(kWh)	41,253498	1320,11194
Energía de PFV media en Junio(kWh)	41,8704	1339,8528
Energía de PFV media en Julio(kWh)	43,984226	1407,49523
Energía de PFV media en Agosto(kWh)	41,998242	1343,94374
Energía de PFV media en Septiembre(kWh)	34,72326	1111,14432
Energía de PFV media en Octubre(kWh)	28,211612	902,771584
Energía de PFV media en Noviembre(kWh)	20,05146	641,64672
Energía de PFV media en Diciembre(kWh)	14,27426	456,77632
Energía de PFV media en todo el año(kWh)	369,330676	11818,5816

Tabla 33: Energía obtenida en cada mes para la orientación sur (Elaboración propia)

Orientación este	1 panel	24 paneles
Energía de PFV por día en Enero(kWh)	0,378092	9,074208
Energía de PFV por día en Febrero(kWh)	0,547404	13,137696
Energía de PFV por día en Marzo(kWh)	0,772772	18,546528
Energía de PFV por día en Abril(kWh)	1,043042	25,033008
Energía de PFV por día en Mayo(kWh)	1,25411	30,09864
Energía de PFV por día en Junio(kWh)	1,360216	32,645184
Energía de PFV por día en Julio(kWh)	1,353924	32,494176
Energía de PFV por día en Agosto(kWh)	1,230372	29,528928
Energía de PFV por día en Septiembre(kWh)	0,974116	23,378784
Energía de PFV por día en Octubre(kWh)	0,686972	16,487328
Energía de PFV por día en Noviembre(kWh)	0,458458	11,002992

Energía de PFV por día en Diciembre(kWh)	0,308594	7,406256
Energía de PFV por día en todo el año(kWh)	10,36807	331,7783

Tabla 34: Energía obtenida en cada mes para la orientación este (Elaboración propia)

Orientación este	1 panel	24 paneles
Energía de PFV media en Enero(kWh)	11,720852	281,300448
Energía de PFV media en Febrero(kWh)	16,42212	394,13088
Energía de PFV media en Marzo(kWh)	23,955932	574,942368
Energía de PFV media en Abril(kWh)	31,29126	750,99024
Energía de PFV media en Mayo(kWh)	38,87741	933,05784
Energía de PFV media en Junio(kWh)	40,80648	979,35552
Energía de PFV media en Julio(kWh)	41,971644	1007,31946
Energía de PFV media en Agosto(kWh)	38,141532	915,396768
Energía de PFV media en Septiembre(kWh)	29,22348	701,36352
Energía de PFV media en Octubre(kWh)	21,296132	511,107168
Energía de PFV media en Noviembre(kWh)	13,75374	330,08976
Energía de PFV media en Diciembre(kWh)	9,566414	229,593936
Energía de PFV media en todo el año(kWh)	317,026996	10144,8639

Tabla 35: Energía obtenida en cada mes para la orientación sur (Elaboración propia)

Por lo tanto, la energía total suministrada por los paneles fotovoltaicos es la siguiente:

Toda la instalación	Paneles: 32(sur)+ 24 (este)
Energía de PFV por día en Enero(kWh)	26,765024
Energía de PFV por día en Febrero(kWh)	36,566816
Energía de PFV por día en Marzo(kWh)	48,473568
Energía de PFV por día en Abril(kWh)	62,226736
Energía de PFV por día en Mayo(kWh)	72,682896
Energía de PFV por día en Junio(kWh)	77,306944
Energía de PFV por día en Julio(kWh)	77,897248
Energía de PFV por día en Agosto(kWh)	72,881952
Energía de PFV por día en Septiembre(kWh)	60,416928
Energía de PFV por día en Octubre(kWh)	45,608992
Energía de PFV por día en Noviembre(kWh)	32,391216
Energía de PFV por día en Diciembre(kWh)	22,140976

Tabla 36: Energía total suministrada cada mes por los paneles de la orientación este y sur (Elaboración propia)

10.2.5. Consumo por día de la residencia de ancianos

El consumo por día de cada mes es la misma que para el caso de la instalación sin conexión a la red eléctrica.

Por lo tanto, sabiendo lo que se necesita para abastecer la residencia y la energía que se va a obtener mediante los paneles solares hemos sacado la gráfica 16.

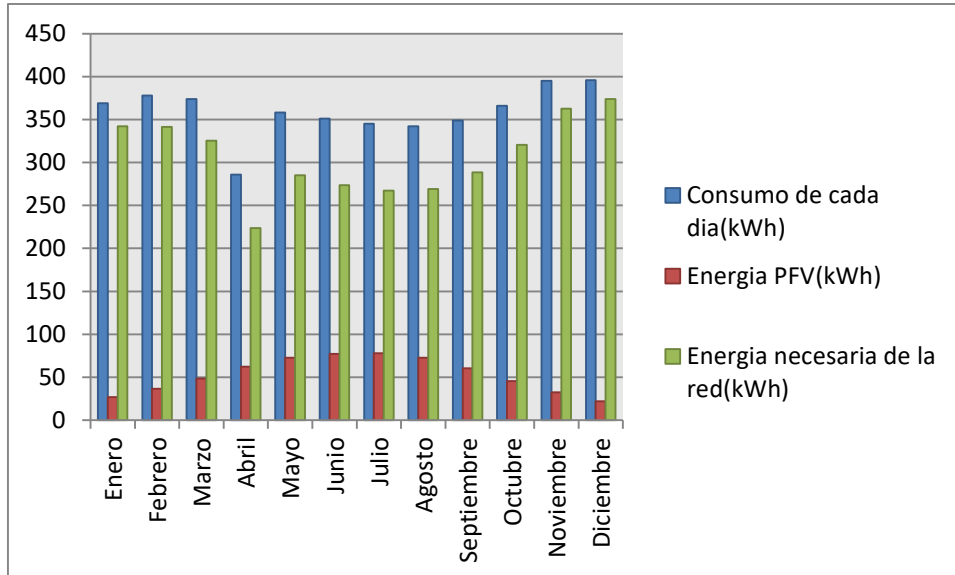


Gráfico 16: Consumo de cada día, energía creada por PFV y la energía necesaria de la red (Elaboración propia)

En la gráfica 16 se puede ver que la energía que se consume es muy grande comparando con la energía producida por los paneles solares. Por lo tanto, la energía que se necesitará de la red también se ve que es bastante grande. Cabe destacar que la energía que menos se necesitará de la red eléctrica, por lo tanto, donde más dinero se va a ahorrar, será desde abril hasta septiembre, justamente en la época donde más horas de sol hay. Por contrario, donde más energía se va a necesitar sea en la época de invierno ya que las horas de sol son menos y normalmente en todas las casas, edificios, etc. es la época donde más energía eléctrica se gasta, por la falta de luz y por qué se suele estar más tiempo dentro de los edificios.

10.2.6. Dimensionamiento del inversor

Para que la energía que proporciona los paneles fotovoltaicos de la orientación este y sur se puede consumir de manera correcta, ya que para consumir energía en nuestras casas o bien para verter a la red, la tensión y la corriente debe ir en alterna, no se tendrá que hacer el

dimensionamiento de los inversores de cada instalación de cada tejado, ya que va a tener diferentes potencias instaladas.

En nuestro caso el inversor escogido para todos los tejados es: Symo 15.0-3M (Fronius Symo 15.03 M)

En la siguiente imagen se puede ver las características del inversor:

DATOS DE ENTRADA

Número de seguidores MPP	2
Máxima corriente de entrada ($I_{dc,max}$)	33,0 / 27,0 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	49,5 / 40,5 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{cc,min}$ - $U_{dc,max}$)	200 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc,avanzada}$)	200 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	600 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp,min}$ - $U_{mpp,max}$)	320 - 800 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	200 - 800 V
Número de entradas CC	3 + 3
Máxima salida del generador FV ($P_{cc,max}$)	22,5 kWpeak

DATOS DE SALIDA

Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	15 kW
Máxima potencia de salida ($P_{ac,max}$)	15 kVA
Corriente de salida CA ($I_{ca,nom}$)	21,7 A
Acoplamiento a la red ($U_{ca,r}$)	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Rango de tensión CA (U_{min} - U_{max})	150 - 280 V
Frecuencia (f_r)	50 / 60 Hz
Rango de frecuencia (f_{min} - f_{max})	45 - 65 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,5 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind./cap.

Figura 17: Datos técnicos del inversor Fronius Symo (Fronius Symo 15.03 M)

Los datos más significativos del inversor para nosotros son los siguientes:

Máxima corriente de entrada=33 A

Tensión máxima de entrada=1000 V

Pero como el inversor debe de estar conectado a los paneles fotovoltaicos, los datos más importantes de estos son los siguientes:

$$V_{oc} = 48,9 + ((0,27\%/^{\circ}C) \cdot (35^{\circ}C)) = 58,35 \text{ V}$$

$$I_{sc} \cdot 1,25 = 14,32 \text{ A}$$

Por lo tanto, viendo estos datos se sabe que se podrá poner dos bloques de paneles en paralelo ya que, el inversor podría soportar la corriente de entrada. Por ello se ha hecho el siguiente cálculo para saber cuántos paneles se podrían poner en serie:

$$\frac{\text{Tension máxima de entrada}}{VOC} = \frac{1000 V}{58,35 V} = 16 \text{ PFV en serie}$$

Sabiendo que en el tejado sur se instalarán 32 paneles separados en dos cadenas de 16 paneles en serie. En el tejado con orientación hacia el este, se instalarán 24 paneles separados en dos cadenas de 12 paneles en serie. Se los paneles se agruparán de la siguiente manera:

	Tejado sur	Tejado este
Cantidad de paneles en cada cadena	16	12

Tabla 37: Cantidad de paneles en cada cadena de cada tejado (Elaboración propia)

Viendo esto, se ha decidido instalar dos inversores para los paneles de cada tejado.

10.2.7. Dimensionamiento del contador

Al estar conectado a la red, en algunas ocasiones se necesitará energía eléctrica y se obtendrá de la red y en otras ocasiones cuando hay excedentes de energía, se deberán verter a la red eléctrica. Para que esto suceda, se deberá de comprar un contador bidireccional. Como bien dice su nombre el contador bidireccional es un dispositivo que se encarga de contabilizar la energía que fluye en ambos sentidos, de la red eléctrica al usuario y usuario vierte en la red.

Este contador, hará que se contabilice la energía que se vierte a la red cuando haya excedentes, para que cuando no se genere energía por los módulos fotovoltaicos, la comercializadora te compensará por los excedentes energéticos, y esto supone un importante ahorro en el precio de la factura.

10.2.8. Conclusiones de un sistema conectado a la red

Precio de los módulos fotovoltaicos (56 paneles)	9469 €
Precio del inversor	3758€
Precio del contador	292€
Precio del cableado	300€
Precio total aproximado	13869€

Tabla 38: Precio de la inversión aproximada (Elaboración propia)

Después de hacer los cálculos teóricamente, se puede ver que este tipo de instalación podría ser la adecuada para la residencia de ancianos dado que como se ve en la gráfica 16, la energía que se obtiene mediante los paneles fotovoltaicos puede utilizarse para cubrir una parte de la

demanda total de la electricidad. Además, viendo en la tabla que la inversión aproximada no sería muy grande, se considera que esta opción puede ser buena para la instalación de la residencia de ancianos (ANEXO III, ANEXO IV).

Por lo tanto, para hacer un análisis más exhaustivo se han hecho las simulaciones en PVsyst para poder acercarse lo máximo posible a la realidad.

11. Simulaciones en PVsyst

PVsyst es un programa que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y el análisis de los datos completos de los sistemas fotovoltaicos, conectados a la red o sin conexión a la red. En este software permite dimensionar instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar, las sombras de los montes y de los edificios que tiene alrededor la instalación indicando cuál será la ubicación concreta, gracias a los bases de datos meteorológicos. Por otro lado, permite hacer un análisis económico, usando los costes reales de los componentes que se eligen para la instalación.

Por lo tanto, viendo que la instalación eléctrica aislada de la red rotundamente no es viable, tanto económica y físicamente, se ha hecho una simulación de la instalación conectada a la red, para poder comparar los resultados que salen teóricamente y mediante la simulación.

11.1. Simulación de la instalación eléctrica conectada a la red

Haciendo un análisis teórico para analizar la viabilidad de este proyecto, se ha visto que una instalación eléctrica conectada a la red puede ser una opción rentable para la residencia de ancianos, por lo tanto, mediante las simulaciones de PVsyst se ha querido hacer un análisis más detallado con una herramienta profesional. Cabe destacar que se han hecho dos simulaciones para cada tejado.

Por lo tanto, primero en las dos simulaciones, se ha elegido la opción de diseño del proyecto y dentro de este punto, se ha elegido cuál era el sistema que se quería analizar, y como se ha indicado anteriormente el sistema que se quiere analizar es un sistema conectado a la red.

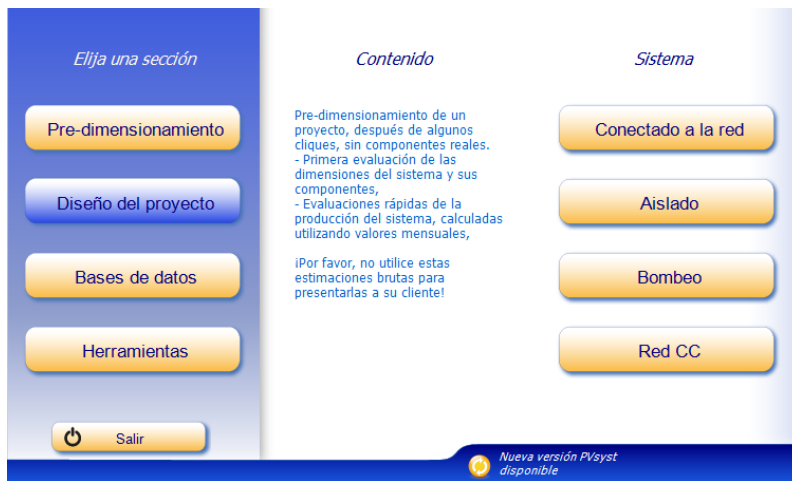


Figura 18: Principio de PVsyst

Después, la primera cosa y muy importante es escoger el archivo meteorológico, ya que según donde escoges la ubicación y según cual es la base de datos escogida, los resultados pueden ser diferentes. En este caso, se ha escogido la ubicación exacta utilizando las coordenadas que tiene la residencia de ancianos, y la base de datos escogido ha sido el PVGIS, ya que indica las sombras del monte que tiene enfrente la residencia de ancianos.

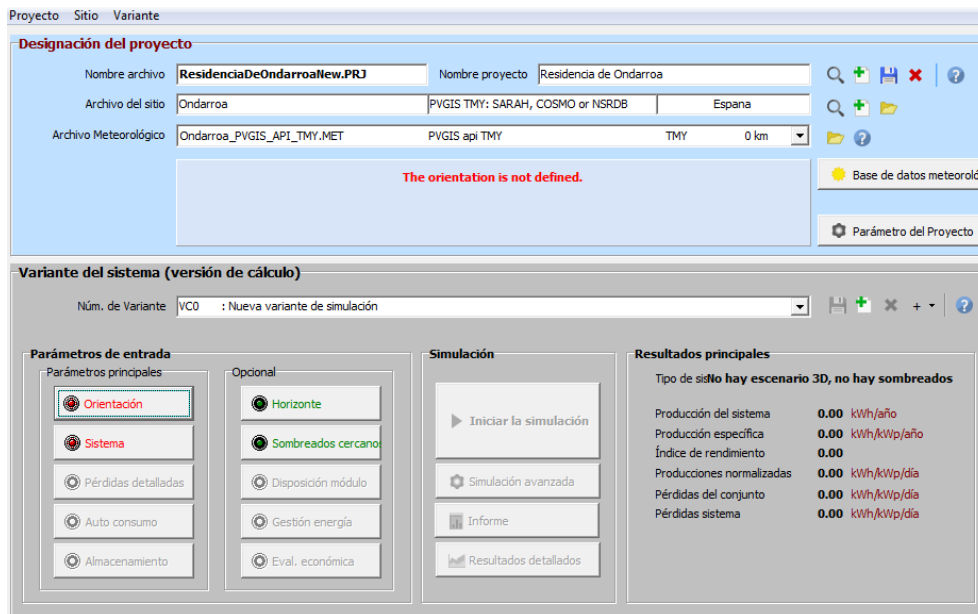


Figura 19: Programa PVsyst (Elaboración propia)

Después de ingresar los datos meteorológicos para llevar la simulación adelante, hay que rellenar los parámetros de entrada. Primero, en el campo de orientación, se tendrán que dar los valores del acimut, que sería el valor 0 para los módulos que se instalarán en el tejado sur y 90 para los módulos que se instalarán en el tejado este. Por otra parte, la inclinación de plano lo

define el tejado, que sería de 33,7º, por lo tanto, todos los módulos estarán colocados a ese valor que establece el tejado.

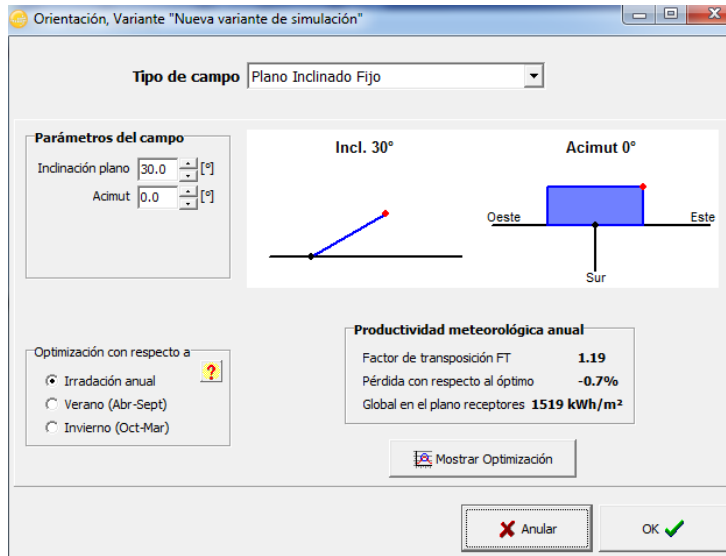


Figura 20: Orientación de los módulos fotovoltaicos en el programa de PVsyst (Elaboración propia)

Después, en el campo del sistema, se puede ver en la imagen que es lo que pide rellenar el programa. Primero se debe seleccionar los módulos fotovoltaicos que se van a instalar. Después el inversor que se quiere instalar y por último se tiene que hacer el dimensionamiento del conjunto, que sería la colocación de los paneles en serie y/o paralelo.

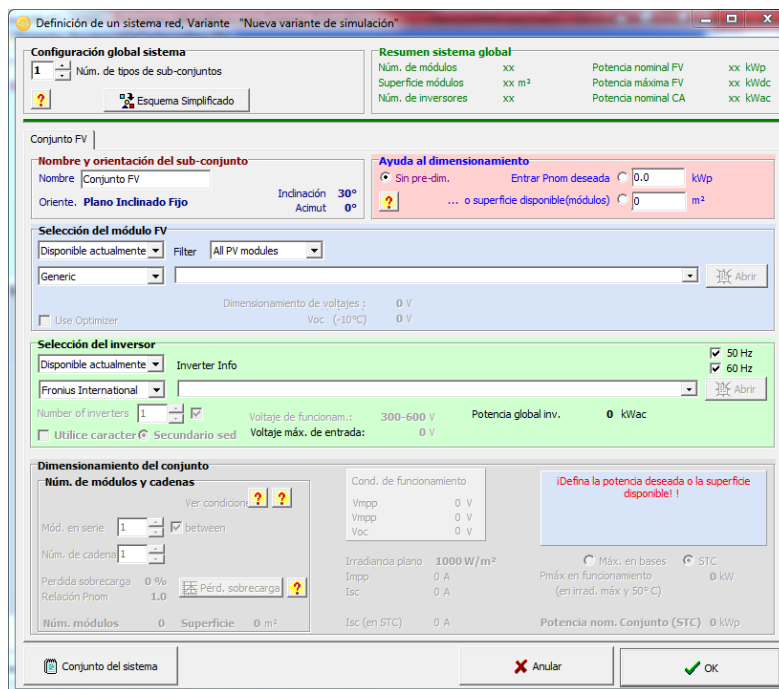


Figura 21 Definición del sistema de la instalación fotovoltaica en PVsyst (Elaboración propia)

Después de esto se ha dado al botón de iniciar la simulación y nos ha generado el siguiente informe (ANEXO I y ANEXO II).

Lo más llamativo de la simulación es:

- Para la orientación sur, la energía total producida es de 18,48 MWh/año.
- Para la orientación este, la energía total producida es de 10,95 MWh/año.

Por lo tanto, comparando con los con los datos teóricos son algo diferentes:

- Para la orientación sur, la energía total producida es de 11,81 MWh/año.
- Para la orientación este, la energía total producida es de 10,14 MWh/año.

Viendo estos datos, se puede decir que al principio se ha hecho unos cálculos teóricos hechos a mano y calculadora para poder decidir si merece la pena la instalación propuesta, y al parecer que la propuesta de instalación de los paneles fotovoltaicos conectados a la red puede ser interesante, se ha realizado un cálculo más detallado con un programa de simulación profesional. Por eso los datos son algo distintos en el caso de la orientación sur.

12. Presupuesto económico

En este apartado se evalúa el coste que supone toda la instalación solar fotovoltaica conectada a la red, dado que sería la propuesta más viable. En las siguientes tablas se podrán ver la descripción del elemento, el precio de cada uno, con la unidad en la que se mide y el coste.

Por otra parte, se ha calculado lo que costaría el trabajado realizado por los supervisores y el técnico del proyecto, además del ordenador que se ha necesitado para poder llevar a cabo el proyecto. El precio inicial del ordenador sería de 1500€. Su vida útil sería de 5 años, y se ha utilizado 9 meses durante el proyecto. Por lo que el precio a aplicar a este proyecto sería de:

$$\text{Precio a aplicar} = \frac{1500 \text{ €}}{5 \text{ años}} \cdot \frac{9 \text{ meses}}{12 \text{ meses}} = 225 \text{ €}$$

Descripción del elemento	Cantidad	Unidad	€/unidad	Importe (€)
Panel solar 440W monocristalino LR4-72 HPH 440 M, 2094x1038x35 mm, Longi Solar.	56	Ud.	169,03 €	9469 €
Inversor Fronius Symo 15.03-3-M	1	Ud.	3758 €	3758 €

Contador bidireccional Fronius Smart Meter 63 ^a	1	Ud.	292 €	292 €
Cable RV-K2 x 10mm Negro	700	m	3,03 €	2121 €
Tubería corrugada modelo Ultra Tp-1 50 mm diámetro	800	m	1,63 €	1304 €
Trabajo en la fijación de paneles	1	Ud.	450 €	450 €
Trabajo de conexiones de equipos	1	Ud.	450 €	450 €
Trabajo del técnico de proyecto	300	Horas	15 €	4500 €
Trabajo de los supervisores	300	Horas	40 €	12000 €
Ordenador	1	Ud.	225 €	225 €
TOTAL SIN IVA				34569 €
IVA %21				7259 €
TOTAL				41828 €

Tabla 39: Presupuesto total de la instalación (Elaboración propia)

Por lo tanto, el precio total sería de **41828€**.

12.1. Análisis de rentabilidad

En este caso para saber cuál es la rentabilidad del proyecto, primero se tiene que hacer un estudio energético para poder calcular la producción del sistema fotovoltaico, y después utilizar esos datos para realizar el estudio económico.

Mediante el PVsyst se ha podido obtener la energía total producida: 18,48 MWh/año (tejado sur) + 10,95 MWh/año (tejado este) = 29,43 MWh/año.

Sabiendo que la energía total requerida al año es de 130,8 MWh/año, y los datos de partida los que aparecen en la tabla 40:

Datos	Valor
Inversión	41591 €
Energía producida anual (kWh)	29430 kWh
Precio medio del kWh	0,14 €/kWh
Disminución del rendimiento anual	0,8%
Inflación	2,2%

Tabla 40: Datos de partida para realizar el estudio económico (Elaboración propia)

Se ha realizado la tabla 41 para saber cuál sería el periodo de recuperación de la inversión inicial.

Año	Energía producida (kWh)	Ingresos (€)	Inversion(€)	Cash (€)
0	29430	4120,2	-41828	-41828
1	29194,56	4087,238	-37740,762	4087,238
2	28961	4054,54	-33686,222	4054,54
3	28729,32	4022,104	-29664,118	4022,104
4	28499,48	3989,927	-25674,191	3989,927
5	28271,49	3958,008	-21716,183	3958,008
6	28045,31	3926,344	-17789,839	3926,344
7	27820,95	3894,933	-13894,906	3894,933
8	27598,38	3863,774	-10031,132	3863,774
9	27377,6	3832,863	-6198,269	3832,863
10	27158,58	3802,201	-2396,068	3802,201
11	26941,31	3771,783	1375,715	3771,783
12	26725,78	3741,609	5117,324	3741,609
13	26511,97	3711,676	8829	3711,676
14	26299,87	3681,982	12510,982	3681,982
15	26089,48	3652,527	16163,509	3652,527
16	25880,76	3623,306	19786,815	3623,306
17	25673,71	3594,32	23381,135	3594,32
18	25468,32	3565,565	26946,7	3565,565
19	25264,58	3537,041	30483,741	3537,041
20	25062,46	3508,744	33992,485	3508,744
21	24861,96	3480,675	37473,16	3480,675
22	24663,07	3452,829	40925,989	3452,829
23	24465,76	3425,206	44351,195	3425,206
24	24270,03	3397,805	47749	3397,805
25	24075,87	3370,622	51119,622	3370,622

Tabla 41: Período de recuperación de la inversión (Elaboración propia)

En la tabla 41, se puede ver que el periodo de recuperación de la inversión inicial es de 10 años.

12.1.1. Valor actual neto (VAN)

En cuanto al valor actual neto también se puede decir que es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión.

Por lo tanto, sabiendo que el proyecto es para 25 años y que la inflación es de 2,2%:

$$VAN = \sum_{t=1}^{25} \frac{Ft}{(1+k)^t} = 29.724,62 \text{ €}$$

Ft= Ganancias esperadas en cada año.

k=Inflación

t=cada año

Este primer parámetro nos indica que el proyecto es rentable ya que es un valor positivo y elevado.

12.1.2. Tasa interna de retorno (TIR)

El segundo parámetro es la tasa interna de retorno de una inversión, que es el porcentaje de beneficio o pérdida que conlleva cualquier inversión. Es una medida ampliamente utilizada para la evaluación de los proyectos de inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^{25} \frac{Ft}{(1+TIR)^t} = 0$$

TIR= 8%, esto quiere decir que la rentabilidad de este proyecto es bastante alta, así que se puede decir que se puede llevar adelante el proyecto.

13. Conclusiones

Después de analizar, teóricamente y mediante herramientas profesionales, como CHEQ4 y PVsyst tres instalaciones diferentes de energía solar, que serían, instalación solar térmica, instalación solar fotovoltaica con baterías para el autoconsumo, por lo tanto sin conexión a la red, y la última instalación solar fotovoltaica conectado a la red, se ha llegado a la conclusión principal de que, la mejor opción para la residencia de ancianos es hacer una instalación solar fotovoltaica con conexión a la red.

Primeramente, se llegó a la conclusión de que la instalación solar térmica que actualmente está en marcha en la residencia de ancianos no cumple con los requisitos de HE4. Por lo tanto, se optó por analizar otro sistema.

El sistema que se analizó teóricamente fue una instalación solar fotovoltaica sin conexión a la red, con sus respectivas baterías, reguladores de carga e inversores. Al ver los resultados que salían, física y económicamente, se descartó esta opción dado que no era viable. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que las baterías y los paneles solares deberían de seguir investigando para que en un futuro generen más energía en caso de las placas fotovoltaicas y ocupen menos espacio, y en cuanto a las baterías, que ocupen y pesen menos y que almacenen más cantidad de energía, para abastecer este tipo de instalaciones.

Por lo tanto, al llegar a la conclusión de que esta propuesta tampoco era viable, se analizó y dimensionó una instalación fotovoltaica conectada a la red. Primero se hizo un cálculo teórico, donde se vio que podría ser viable la propuesta física y económicamente. Ante estos resultados, se utilizó la herramienta profesional PVsyst para simular la instalación fotovoltaica, y al contrastar los datos teóricos y los datos de las simulaciones, se consideró que la propuesta de instalación fotovoltaica conectado a la red podría ser la más beneficiosa para la residencia de ancianos de Ondarroa, ya que la inversión en 10 años se recuperará.

14. Bibliografía

ADRASE. (s.f.). Obtenido de <http://www.adrase.com/>

Aurora split cell L- Red Solar. (s.f.). *Panel solar monocristalino PERC440W de alto rendimiento.*

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. (s.f.). *Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero.* Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rdl/2012/01/27/1/dof/spa/pdf>

Cambio energético. (27 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/blog/como-acogerse-a-la-modalidad-de-autoconsumo-con-compensacion-por-excedentes/>

Carrasco, P. B. (s.f.). Obtenido de https://www.google.com/search?q=PabloBravo+Carrasco+tf&client=firefox-b-d&ei=mupQYICINMaajLsP0d6o6Ag&oq=PabloBravo+Carrasco+tf&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAM6BggAEBYQHjoFCCEQoAFQ_jRYuDtg0D1oAXAAeACAAZgBiAGrBZIBAzAuNZgBAKABAoBB2d3cy13aXrAAQE&sclient=gws-wiz&ved

Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación. (s.f.). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de http://wordpress.cmes.staging.bitendian.com/wp-content/uploads/2018/07/energia_solar_fotovoltaica_4MB.pdf

EnerAgen. (s.f.). *Autoconsumo al detalle*. Obtenido de <http://www.autoconsumoaldetalle.es/>

ENERGIA LIMPIA XXI. (29 de Junio de 2015). Obtenido de <https://energialimpiaparatodos.com/2015/06/29/6727-3/>

Energía Solar. (s.f.). Obtenido de <https://solar-energia.net/>

Energía Solar. (s.f.). *Energías renovables*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energias-renovables>

Energías renovables. (26 de enero de 2017). Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/esta-es-la-proposicion-de-ley-para-20170125>

Ente vasco de la energía (EVE). (1998). *Atlas de radiación solar del país vasco*. Bilbao: EVE - IKERLAN.

Factor energía. (30 de 08 de 2018). *Energías renovables: características, tipos y nuevos retos*. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>

FOTOPLAT. (2020). *Situación de la Industria y Tecnología Fotovoltaica Española*.

Fronius primo. (s.f.). *Fronius 6.0-1*.

Fundación renovables. (27 de Julio de 2015). Obtenido de <https://fundacionrenovables.org/notas/18-partidos-politicos-se-comprometen-a-derogar-el-real-decreto-de-autoconsumo-si-se-llega-a-aprobar/>

Gerente. (s.f.). Obtenido de <https://gerente.com/co/los-inversionistas-ponen-ojo-viviendas-bioclimaticas/>

GNB Industrial Power. (s.f.). *Industrial Batteries OPzS Solar*.

Google. (s.f.). *Google Street View*.

GRUPO PUIGCERCÓS. (s.f.). *Puigcercós*. Obtenido de <https://www.puigcercos.com/energia-renovable/fotovoltaica/solar-aislada/>

Heredia, I. D. (2019). Obtenido de http://oa.upm.es/57032/1/TFG_IGNACIO_DURBAN_HEREDIA.pdf

Hogar Sense. (9 de 11 de 2020). *Conociendo la energía solar activa*. Obtenido de <https://www.hogarsense.es/energia-solar/energia-solar-activa#usos>

IES Estelas de Cantabria. (s.f.). *INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS*. Obtenido de [http://scalofrios.es/Calor/Solartermica/Apuntes%20de%20M%1equinas%20\(Energia%20Solar%20Termica\).pdf](http://scalofrios.es/Calor/Solartermica/Apuntes%20de%20M%1equinas%20(Energia%20Solar%20Termica).pdf)

Informe CHEQ4. (2020).

INNOVA GREEN ENERGY. (s.f.). Obtenido de <https://www.innovagreen.com/energia-solar-termica/>

IRENA. (Noviembre de 2019). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_summary_2019_ES.pdf?la=en&hash=DE82F7DC53286F720D8E534A2142C2B8D510FB0B

Maps, G. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.es/maps/preview>

Martín, G. (16 de 01 de 2019). *E-eficiencia*. Obtenido de <https://e-eficiencia.com/calculo-consumo-instalacion-de-ac-s-centralizado/#1-2-1-consumo-total-de-agua-caliente-qd>

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. (s.f.). Obtenido de https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2011.pdf

Noticias de la Ciencia y la Tecnología (NCYT). (Miércoles, 11 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://noticiasdelaciencia.com/art/35731/un-nuevo-modelo-de-plantas-termosolares-de-concentracion-genera-energia-limpia-y-eficiente>

PÉREZ, Ó. M. (2014-2015). *Trabajo fin de grado*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54772/TFG-OSCAR-MIRALLES_14364529905502630515479760631658.pdf?sequence=3

Red Electrica de España (REE). (2019). *LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL*. Alcobendas (Madrid): RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA.

Red Solar. (s.f.). *Panel solar monocristalino PERC440W de alto rendimiento*.

REGULADOR DE CARGA MPPT. (s.f.). *SR-ML 12/24V 20-30-40A*.

RJ Consultores. (s.f.). *Energía solar en España*. Obtenido de <https://www.rjconsultores.es/energia-solar-en-espana/>

Selectra. (15 de 03 de 2021). Obtenido de <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/colectivo>

Tarifas de gas luz. (04 de 02 de 2021). Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion/colectivo>

Tarifas gas luz. (06 de 03 de 2021). Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/faq/consumo-gas-natural-kwh>

Technosun. (s.f.). *Hybrid 5KW PV Inverter*. Obtenido de <https://b2b.technosun.com/web/image/190957?unique=87f70de72f5e6cd0896d2d2713e0045b77d82a6a>

Tu tienda energética. (23 de 05 de 2019). Obtenido de https://www.tutiendaenergetica.es/blog/94_placas-solares-autoconsumo-ejemplo

Unión Española Fotovoltaica (UNEF). (s.f.). *UNEF*. Obtenido de <https://unef.es/el-sector-fotovoltaico-en-espana/>

YUBA. (29 de Octubre de 2015). *MPPT Y SU FUNCIONAMIENTO*. Obtenido de <http://www.ybasolar.net/2015/10/mppt-y-su-funcionamiento.html>

15. Anexos

ANEXO I: PVsyst 1, tejado sur

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Residencia de ancianos ondarroa**

Sitio geográfico	Ondarroa	País	España
Ubicación	Latitud 43.32° N	Longitud	-2.42° W
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT	Altitud	0 m
	Albedo 0.20		
Datos meteorológicos:	Ondarroa	PVGIS api TMY - TMY	

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Fecha de simulación 31/03/21 11h11

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación plano captador	Inclinación	34°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Importado
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Sin sombreado		
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		

Características del conjunto FV

Módulo FV	Si-mono	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Longi Solar		
Número de módulos FV	En serie	16 módulos	En paralelo	2 cadenas
Núm. total de módulos FV	Núm. módulos	32	Pnom unitaria	440 Wp
Potencia global del conjunto	Nominal (STC)	14.08 kWp	En cond. de funciona.	12.78 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)	U mpp	589 V	I mpp	22 A
Superficie total	Superficie módulos	71.2 m²	Superficie célula	63.5 m²

Inversor

	Modelo	Symo 15.0-3-M		
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Fronius International		
Características	Voltaje de funcionam.	200-800 V	Pnom unitaria	15.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 0.55	Potencia total	15.0 kWac
			Relación Pnom	0.94

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	453 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	-0.4 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas	0.10 %

Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): Perfil personalizado

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

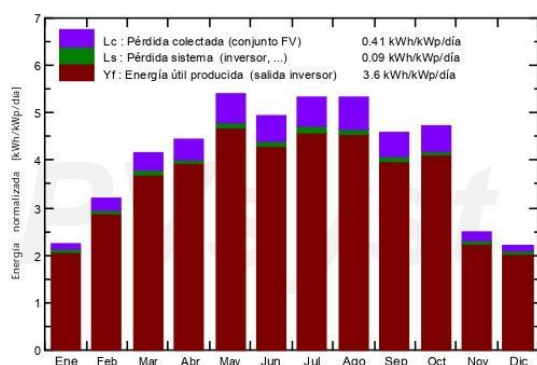
Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

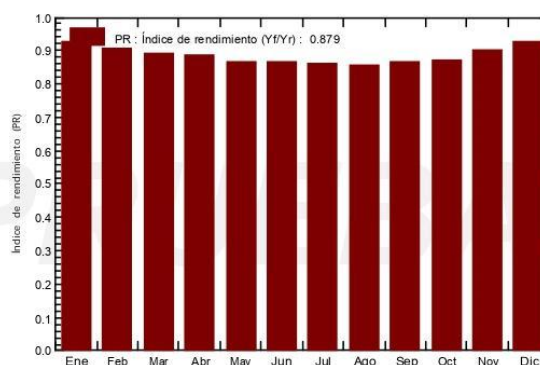
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom	440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	32	Pnom total	14.08 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom	15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía producida	18.48 MWh/año	Produc. específica 1313 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	87.91 %	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 14.08 kWp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	43.4	25.80	7.28	69.3	68.0	0.928	0.904	0.926
Febrero	62.3	32.52	10.48	89.2	87.7	1.168	1.140	0.908
Marzo	101.2	46.34	10.56	129.1	126.7	1.655	1.617	0.890
Abril	122.7	61.90	11.34	133.1	130.2	1.701	1.661	0.887
Mayo	168.2	69.98	15.60	167.6	164.0	2.096	2.049	0.868
Junio	155.8	77.95	17.60	148.0	144.4	1.853	1.808	0.868
Julio	170.4	75.62	18.78	165.3	161.5	2.053	2.005	0.861
Agosto	155.7	66.22	20.58	165.0	161.5	2.030	1.984	0.854
Septiembre	115.8	55.21	18.17	137.8	135.2	1.721	1.682	0.867
Octubre	99.3	40.67	18.00	146.0	143.6	1.835	1.796	0.874
Noviembre	46.3	24.09	13.14	74.5	73.3	0.971	0.947	0.903
Diciembre	39.8	22.88	9.16	68.3	67.1	0.914	0.890	0.925
Año	1280.9	599.17	14.24	1493.2	1463.2	18.924	18.483	0.879

Leyendas: GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Índice de rendimiento

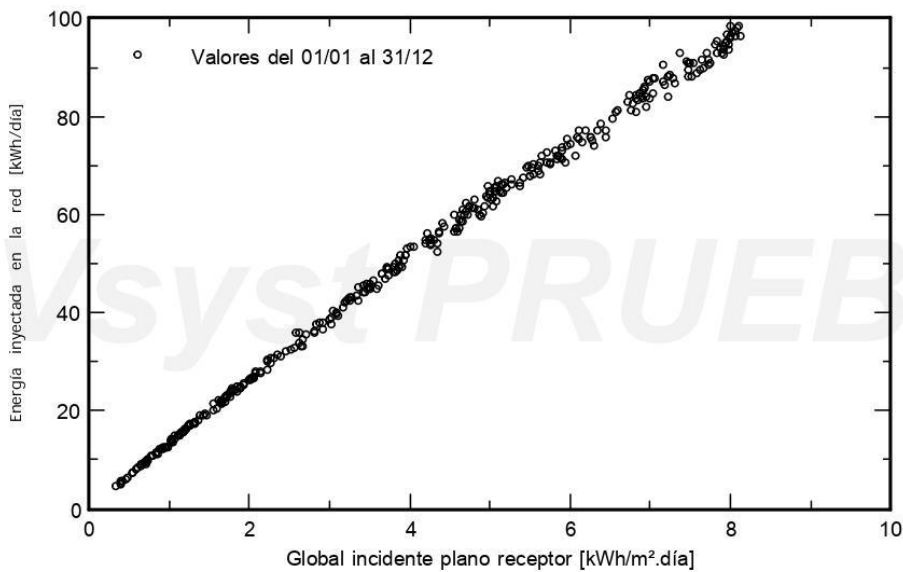
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

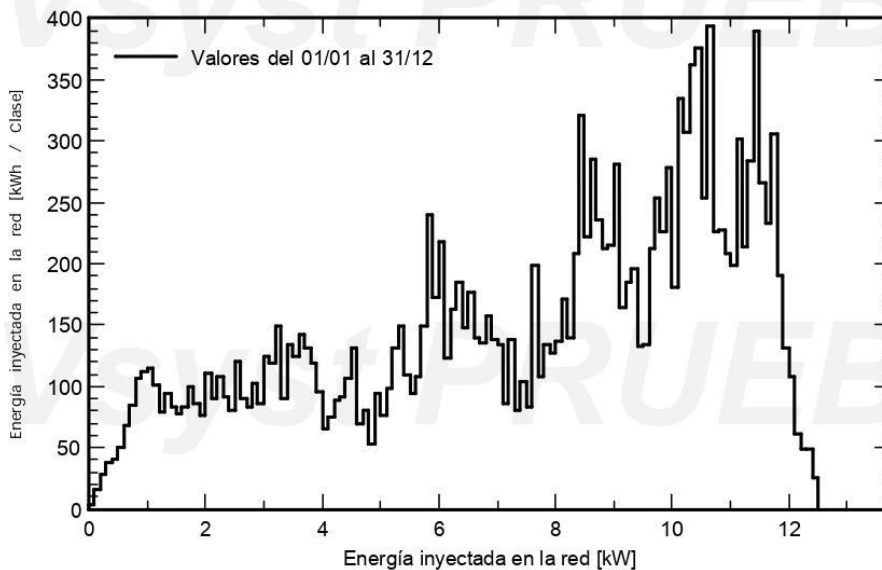
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom 440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	32	Pnom total 14.08 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom 15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



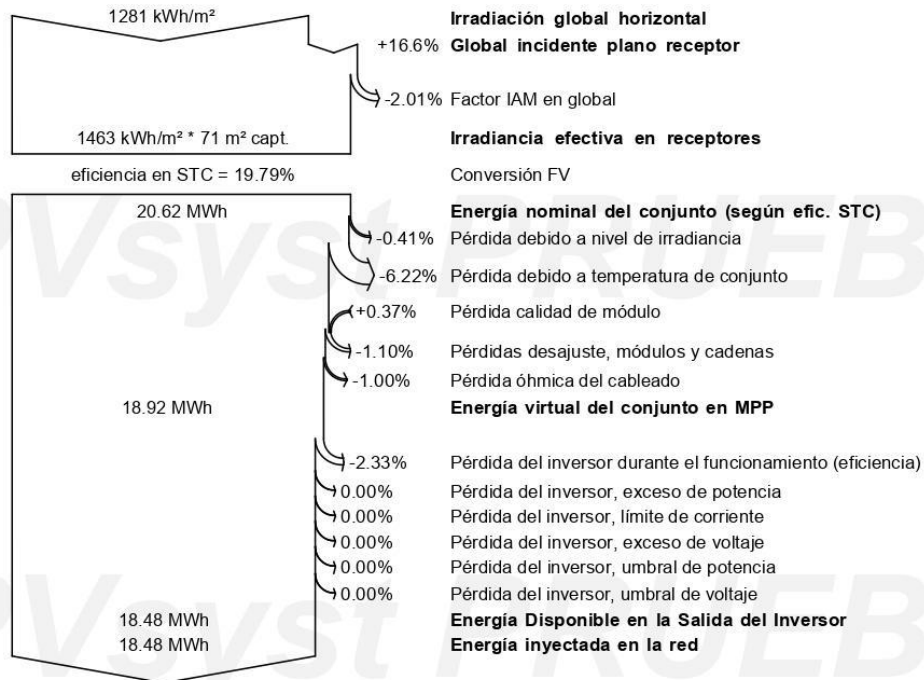
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom	440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	32	Pnom total	14.08 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom	15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



ANEXO II: PVsyst 2, tejado este

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Residencia de ancianos ondarroa**

Sitio geográfico	Ondarroa	País	Espana
Ubicación	Latitud 43.32° N	Longitud	-2.42° W
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT	Altitud	0 m
	Albedo 0.20		
Datos meteorológicos:	Ondarroa	PVGIS api TMY - TMY	

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Fecha de simulación 31/03/21 11h09

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación plano captador	Inclinación	34°	Acimut 90°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Importado
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Sin sombreado		
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		

Características del conjunto FV

Módulo FV	Si-mono	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Longi Solar	
Número de módulos FV		En serie	12 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	24	Pnom unitaria 440 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	10.56 kWp	En cond. de funciona. 9.58 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	442 V	I mpp 22 A
Superficie total		Superficie módulos	53.4 m²	Superficie célula 47.6 m²

Inversor

	Modelo	Symo 15.0-3-M		
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Fronius International		
Características	Voltaje de funcionam.	200-800 V	Pnom unitaria	15.0 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	1 * MPPT 0.55	Potencia total	15.0 kWac
			Relación Pnom	0.70

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	340 mOhm	Fracción de pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	-0.4 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas	0.10 %

Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): Perfil personalizado

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

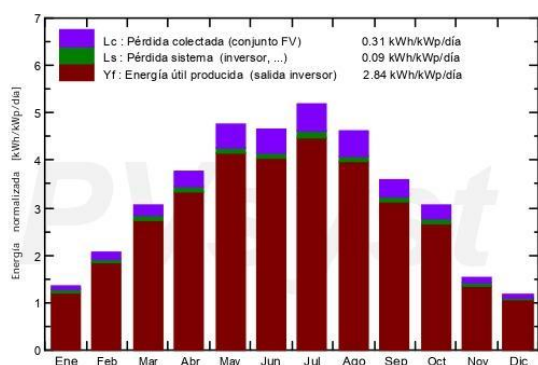
Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

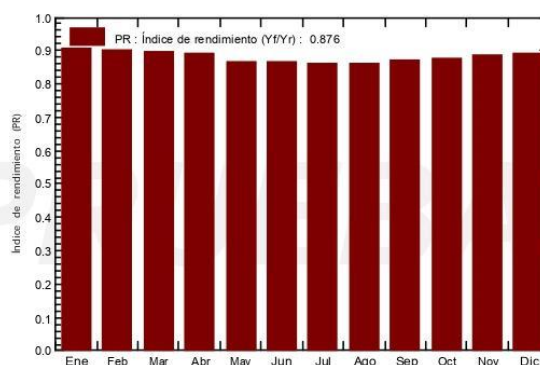
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom 440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total 10.56 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom 15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía producida	10.95 MWh/año	Produc. específica 1037 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	87.60 %	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 10.56 kWp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	43.4	25.80	7.28	41.9	40.2	0.419	0.402	0.908
Febrero	62.3	32.52	10.48	57.5	55.4	0.568	0.549	0.903
Marzo	101.2	46.34	10.56	95.1	92.6	0.929	0.900	0.897
Abril	122.7	61.90	11.34	112.7	110.0	1.093	1.059	0.890
Mayo	168.2	69.98	15.60	148.0	144.6	1.398	1.357	0.869
Junio	155.8	77.95	17.60	139.4	136.1	1.318	1.278	0.868
Julio	170.4	75.62	18.78	160.6	157.3	1.506	1.462	0.862
Agosto	155.7	66.22	20.58	143.0	139.7	1.337	1.298	0.859
Septiembre	115.8	55.21	18.17	107.9	105.0	1.023	0.992	0.870
Octubre	99.3	40.67	18.00	94.8	91.8	0.906	0.878	0.877
Noviembre	46.3	24.09	13.14	46.0	44.0	0.448	0.430	0.885
Diciembre	39.8	22.88	9.16	37.2	35.4	0.368	0.351	0.893
Año	1280.9	599.18	14.24	1184.2	1152.1	11.315	10.955	0.876

Leyendas: GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Índice de rendimiento

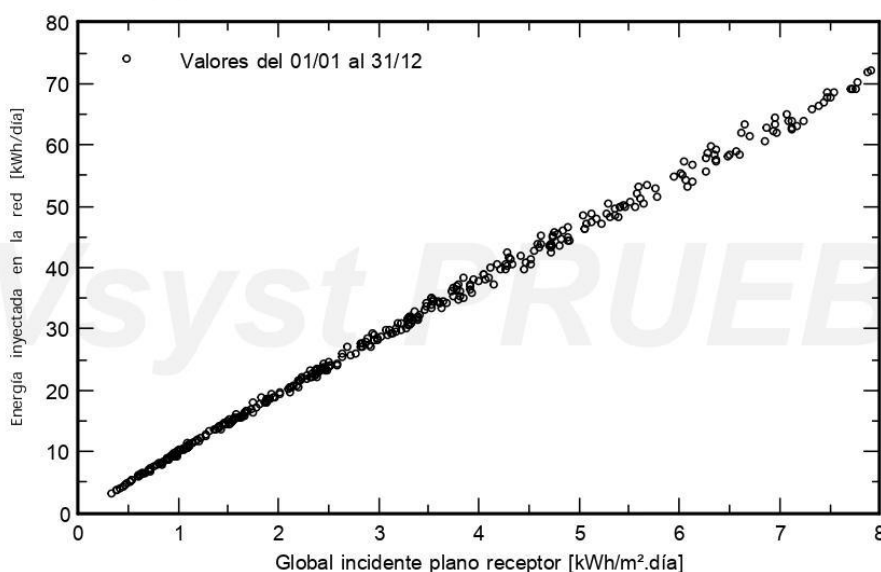
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

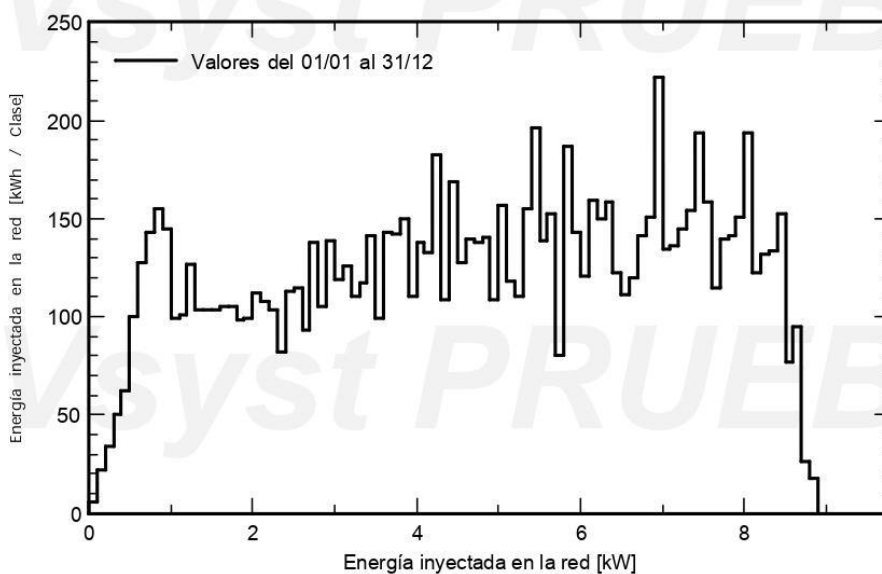
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom 440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total 10.56 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom 15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



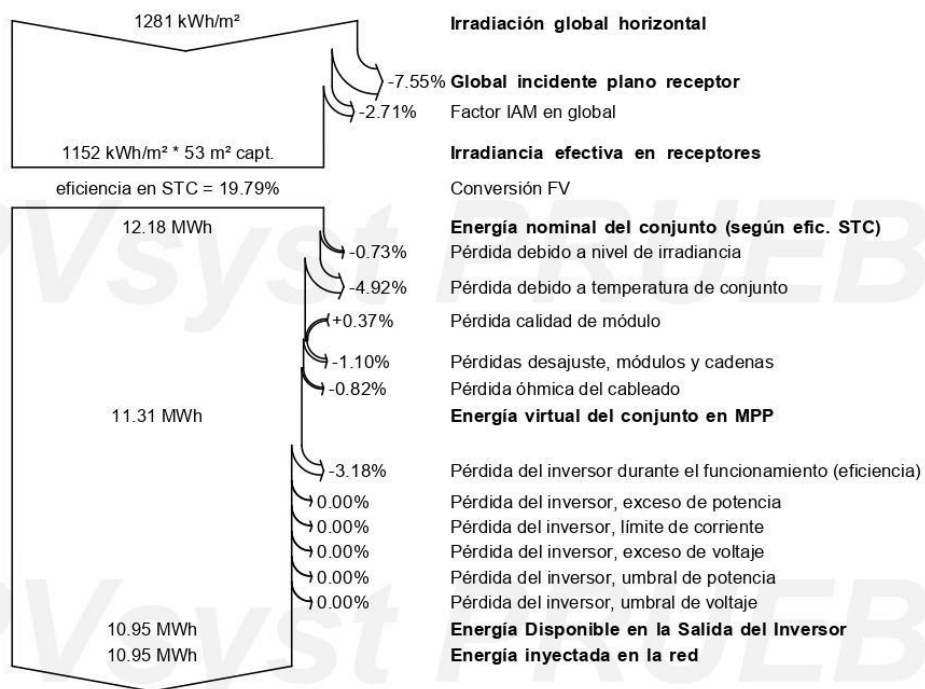
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Residencia de ancianos ondarroa

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

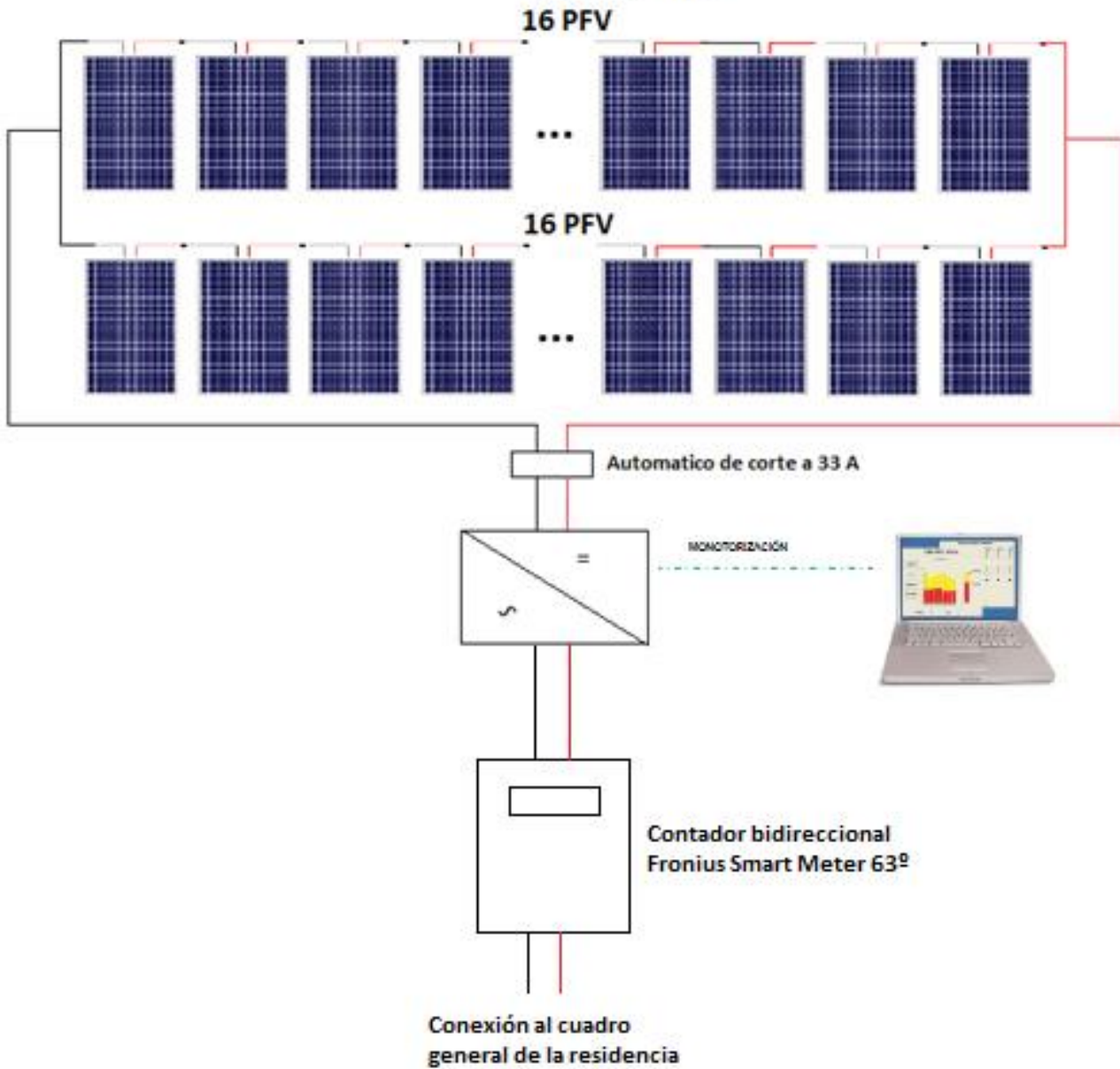
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	34°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	LR4-72 HPH 440 M	Pnom 440 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total 10.56 kWp
Inversor	Modelo	Symo 15.0-3-M	Pnom 15.00 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año



ANEXO III: Esquema eléctrico del tejado sur

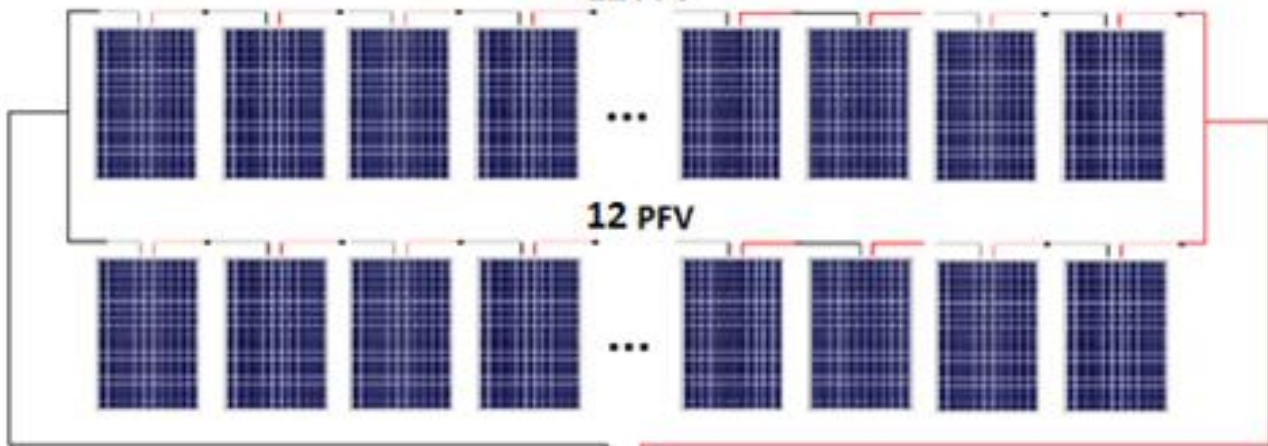
Campo fotovoltaico
Longi Solar
LR4-72-HPH 440 M
Potencia global 14,08 kWp



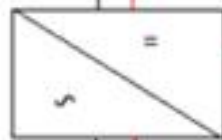
ANEXO IV: Esquema eléctrico del tejado este

Campo fotovoltaico
Longi Solar
LR4-72-HPH 440 M
Potencia global 10,56 kWp

12 PFV



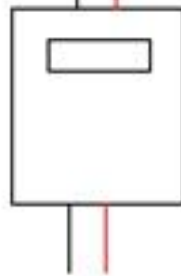
Automatico de corte a 33 A



MONITORIZACION



Contador bidireccional
Fronius Smart Meter 63⁰



Conexión al cuadro
general de la residencia