

GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIA
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

*DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA VIVIENDA
UNIFAMILIAR EN GÜEÑES (BIZKAIA)*

Alumna: Cardero, Palacios, Mónica

Director (1): Mazón Sainz-Maza, Javier

Director (2): Eguía, López, Pablo

Curso: 2018-2019

Fecha: 17, julio, 2019

RESUMEN TRILINGÜE

Resumen

En el presente trabajo fin de grado se lleva a cabo el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para una vivienda unifamiliar en Güeñes. Dicha vivienda se encuentra conectada a la red y se pretende cubrir parte de la demanda eléctrica con la energía generada mediante los paneles solares. Para realizar los cálculos y simulaciones se utilizará el programa informático PVSyst.

- Palabras clave: sistema fotovoltaico, energía solar.

Laburpena

Gradu amaierako lan honetan Güeñeseko familia bakarreko etxebizitza batentzako sistema fotoboltaiko baten diseinua eta simulazioa burutuko da. Etxebizitza hori elektrizitate hornikuntza sarera konektaturik dago eta elektrizitate eskariaren parte bat eguzki panelen bidez bete nahi da. Kalkuluak eta simulazioak egiteko PVSyst programa informatikoa erabiliko da.

- Hitz gakoak: sistema fotoboltaikoa, eguzki-energia.

Abstract

In the present final grade work is carried out the design and simulation of a photovoltaic system of a single-family house in Güeñes. This house is connected to the network and it is intended to cover part of the electricity demand with energy generated by the solar panels. To carry out the calculations and simulations will be used PVSyst software.

- Key words: photovoltaic system, solar energy

Tabla de contenido

RESUMEN TRILINGÜE	2
Resumen.....	2
Laburpena	2
Abstract.....	2
INDICE DE ILUSTRACIONES	5
INDICE DE TABLAS.....	6
1. INTRODUCCION	7
2. CONTEXTO	8
3. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	10
4. BENEFICIOS	11
4.1 Beneficios medioambientales.....	11
4.2 Beneficios de mantenimiento	11
4.3 Beneficios sociales	11
4.4 Beneficios económicos.....	12
5. ESTADO DEL ARTE.....	13
6. ALTERNATIVAS.....	15
6.1 Conexión a red	15
6.2 Sistema fotovoltaico conectado a red	15
6.3 Sistema fotovoltaico aislado	17
7. SOLUCION ESCOGIDA	18
8. ESTUDIO CLIMATOLOGICO	20
9. COMPONENTES	22
9.1 Paneles	22
9.2 Inversor	23
9.3 Cableado	24
9.4 Estructura de soporte	25

10. DIMENSIONAMIENTO	27
10.1 Configuración de la instalación fotovoltaica.....	27
10.2 Orientación e inclinación óptimas	29
10.3 Cálculo de la estructura soporte	32
10.4 Cableado	32
10.5 Estimación de la producción de energía	32
11. SIMULACION FINAL.....	37
12. ANALISIS DE RIESGOS	39
13. FASES DEL PROYECTO	41
13.1 Descripción de tareas.....	41
13.2 Diagrama de Gantt	42
14. ANALISIS ECONOMICO.....	44
14.1 Presupuesto ejecutado	44
14.2 Análisis de rentabilidad.....	46
15. CONCLUSIONES.....	48
16. BIBLIOGRAFIA	49
ANEXO 1: Normativa	50
ANEXO 2: Resultados de la simulación en PVsyst	54
ANEXO 3: Hojas de especificaciones de los componentes.....	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Plano de la zona.....	8
Ilustración 2: Vivienda a estudiar	9
Ilustración 3: Tipos paneles solares fotovoltaicos.....	14
Ilustración 4: Sistema fotovoltaico conectado a red.....	16
Ilustración 5: Sistema fotovoltaico aislado.....	17
Ilustración 6: Balance energía	18
Ilustración 7: Irradiación en Güeñes.....	21
Ilustración 8: Datos PVsyst	21
Ilustración 9: Panel solar	23
Ilustración 10: Inversor	24
Ilustración 11: Cable	25
Ilustración 12: Soporte	26
Ilustración 13: Orientación	30
Ilustración 14: Inclinación.....	31
Ilustración 15: Horas solares pico.....	33
Ilustración 16: Necesidades del usuario	37
Ilustración 17: Diagrama de Gantt	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos paneles solares	22
Tabla 2: Datos inversor	23
Tabla 3: Datos cable.....	24
Tabla 4: Configuración definitiva.....	29
Tabla 5: Factores cálculo PR	34
Tabla 6: Factor temperatura.....	35
Tabla 7: Energía producida	36
Tabla 8: Potencia	38
Tabla 9: Energía producida	38
Tabla 10: Matriz probabilidad e impacto	39
Tabla 11: Listado de tareas.....	42
Tabla 12: Horas internas.....	44
Tabla 13: Amortizaciones	44
Tabla 14: Resumen	45
Tabla 15: Presupuesto	46
Tabla 16: Análisis económico	47

1. INTRODUCCION

La energía solar es una fuente de energía eléctrica renovable que se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, instalación y aprovechamiento. Esto es debido a la transición energética que impulsa a un cambio de modelo energético. Por ese motivo, la instalación de fuentes de energía renovable es una apuesta segura.

Este proyecto titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico para vivienda unifamiliar en Güeñes” es una opción interesante para satisfacer ciertas necesidades eléctricas de una vivienda conectada a la red mediante una fuente de energía renovable.

En la primera parte de este trabajo se introducen el contexto en el que se desarrolla, el objetivo y el alcance, de esta forma se tiene una idea general del proyecto. También se comentan los beneficios de las instalaciones fotovoltaicas y se analizan las distintas alternativas que existen, dependiendo del tipo de conexión.

Seguidamente se fijan los componentes que forman el sistema, ya que se utilizan sus datos característicos para realizar los cálculos. Se muestra cómo se ha llegado a esos resultados explicando la metodología. A continuación, se lleva a cabo la simulación con el programa informático PVsyst que aportará información del consumo y demanda eléctrica.

Por otra parte, se exponen los riesgos que pueden surgir y se proponen posibles soluciones. Además, se describen las fases de las que ha constado el proyecto mediante un diagrama de Gantt que muestra el tiempo necesario para cada fase.

Finalmente, se presentará el análisis económico de la instalación y las conclusiones que se pueden sacar de la realización de este proyecto.

La vivienda que es objeto de estudio es la mostrada en la ilustración 2, una vivienda unifamiliar. Se plantea la colocación de placas fotovoltaicas en el tejado de esta, una superficie bastante compleja al tener una parte a dos aguas. El espacio que se dispone es una limitación que marcará el número de paneles que se pueden colocar.



Ilustración 2: Vivienda a estudiar

Se ha planteado un sistema conectado a red ya que tiene como ventajas la posibilidad de disponer siempre de energía, en el caso que con la energía eléctrica generada por las placas fotovoltaicas no sea suficiente la red nos dará la energía necesaria. Se trata de una instalación menos compleja al no necesitar un sistema de almacenamiento y con la que se podrá conseguir un ahorro en la factura eléctrica.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo es realizar una instalación fotovoltaica que aporte energía eléctrica a la vivienda. Actualmente la vivienda está solamente conectada a la red y los dueños se han decantado por colocar un sistema fotovoltaico en el tejado de la casa que les permita conseguir electricidad mediante energía solar.

En este tipo de instalaciones, las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, son utilizadas como complemento. Se instalan para reducir el consumo que proviene de la red eléctrica y así poder reducir el importe de la factura eléctrica. La electricidad que genera la instalación se utiliza para abastecer a la vivienda y en el caso de que se haya generado más de la necesaria es inyectada a la red nacional de suministro.

Por lo que con este proyecto se pretende dar respuesta a los demandantes, diseñando el sistema óptimo que se ajuste a la vivienda y sus necesidades.

Para ello, se analizan los datos del consumo de la vivienda que hemos ido obteniendo durante el año para utilizarlos en este proyecto. Por otra parte se recogerán los datos meteorológicos y se seleccionarán los componentes que forman la instalación. Se realizan los cálculos necesarios para determinar la configuración serie-paralelo, en el cual se precisa el número de paneles y la forma de conectarlos.

Una forma de asegurar que los cálculos son correctos es realizando el dimensionamiento con el programa de PVsyst el cual da la opción de escoger los componentes elegidos y mostrar la información más detallada de la instalación.

4. BENEFICIOS

4.1 Beneficios medioambientales

Los beneficios medioambientales de una instalación fotovoltaica son muchos debido a que proporcionan energía limpia y ecológica. Durante la generación de electricidad con paneles fotovoltaicos no hay emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que este tipo de energía es respetuosa con el medio ambiente

Además, están colocados en un tejado, algo que no afecta a la fauna y flora autóctona. Permite generar energía sin contaminar el aire, sin emitir CO_2 y contribuye a frenar el cambio climático.

4.2 Beneficios de mantenimiento

Los paneles fotovoltaicos no tienen piezas móviles, excepto en los casos de bases mecánicas de seguimiento solar. Debido a ello tienen muchas menos roturas y requieren menos mantenimiento que otros sistemas de energía renovable.

Mencionar que la duración de la obra a realizar es corta y que la instalación de un sistema fotovoltaico puede realizarse sin afectar a la vida cotidiana y sin molestar a los vecinos. El mantenimiento de los paneles solares es realmente bajo, es posible que con una limpieza al año sea suficiente. Los paneles cuentan con una garantía de unos 25 años, convirtiendo a este tipo de productos en la mejor alternativa a largo plazo.

4.3 Beneficios sociales

Los paneles fotovoltaicos son totalmente silenciosos y no producen ningún tipo de ruido. Por lo tanto, son una solución perfecta para zonas urbanas y aplicaciones residenciales. Visto el resultado positivo de esta instalación en la vivienda más usuarios se plantearán instalar lo mismo en la suya, de este modo se tomará conciencia del uso y la viabilidad de las energías renovables.

El consumo energético actual se basa en tecnologías contaminantes y agotables, algo que debe cambiar en los próximos años. Con instalaciones fotovoltaicas en viviendas se contribuye a una de las tendencias más esperadas para afrontar la transición energética: el autoconsumo.

4.4 Beneficios económicos

El coste de los paneles solares se está reduciendo rápidamente y se espera que siga reduciéndose en los próximos años. Los paneles fotovoltaicos tienen un futuro muy prometedor, tanto para la viabilidad económica como para la sostenibilidad medioambiental.

Los costes de funcionamiento y mantenimiento de los paneles fotovoltaicos se consideran bajos, en comparación con los costes de otros sistemas de energía renovables. Si es verdad que la inversión inicial es alta pero a partir de que se amortice la inversión cada año que pase serán beneficios.

5. ESTADO DEL ARTE

Las energías renovables están en auge y eso genera gran demanda de paneles solares fotovoltaicos ya que la energía del sol es una energía limpia e inagotable.

La gran demanda de paneles fotovoltaicos viene impulsada por el Real Decreto 244/2019, aprobado el 5 de abril de 2019 por el Consejo de Ministros. En él se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo en España. Esta norma completa el marco regulatorio sobre esta cuestión, impulsado por el Real Decreto-ley 15/2018 por el que se derogó el denominado impuesto al sol, y aporta certidumbre y seguridad a los usuarios.

Este Real Decreto impulsa el autoconsumo colectivo, reduce los trámites administrativos, especialmente en el caso de los pequeños autoconsumidores, y establece un mecanismo simplificado de compensación de la energía producida y no consumida. Hace viable el autoconsumo en España, que tendrá un efecto positivo sobre la economía, sobre el sistema eléctrico y energético y sobre los consumidores. De esta forma, España podrá luchar contra el cambio climático y ofrecerá una alternativa a los ciudadanos que puede ser más ventajosa económicamente que el consumo de energía tradicional. Por estos motivos, realizar una instalación fotovoltaica en una vivienda traerá muchas ventajas.

Un módulo fotovoltaico es la pieza clave de un sistema fotovoltaico, formado por un conjunto de células solares que se encargan de convertir en electricidad los fotones que vienen de la luz del sol. La producción de corriente depende de la irradiación, cuanto más luz sea captada mayor será la intensidad eléctrica a través de la célula.

Los tipos de paneles solares fotovoltaicos, vienen dados por la tecnología de fabricación de las células.

Los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos están fabricados de silicio puro fundido y dopado con boro. Estos paneles tienen numerosas fases de cristalización, para formar el monocristal. Su rendimiento es de 15-18%.

Los policristalinos se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro, pero a diferencia del monocristalino se reducen las fases de cristalización. Por lo tanto, es más económica su fabricación y su rendimiento es de 12-14%.

Por último, están los paneles fotovoltaicos amorfos fabricados mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo, no cristalino, sobre una superficie como vidrio o plástico. Es el módulo más económico en su fabricación pero posee un rendimiento menor de 10%.



Ilustración 3: Tipos paneles solares fotovoltaicos

El mercado de la energía solar fotovoltaica no deja de crecer y la competencia entre fabricantes cada vez es mayor. La investigación y el desarrollo tecnológico son necesarios para alcanzar los objetivos: conseguir el mayor rendimiento posible y abaratar al máximo el coste de los equipos. Existen muchos avances que son interesantes para el futuro de la energía fotovoltaica pero en los que aún se debe investigar más.

Un ejemplo de los avances que hay hoy en día son las células fotovoltaicas orgánicas. Es de las apuestas más importantes para el futuro y se basa en la utilización de células fotovoltaicas no construidas a base de silicio, sino con elementos orgánicos o de materiales que imitan la estructura cristalina de minerales como la perovskita o la kesterita. Entre las características de este tipo de materiales está el hecho de que puedan “imprimirse” en láminas de plástico muy finas para aplicarlas después a superficies de todo tipo, desde vehículos a ventanas o incluso prendas de vestir.

6. ALTERNATIVAS

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Es una energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas.

Para ello, se utiliza un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, que puede ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo. Además de este dispositivo se necesitan otros componentes para formar la instalación fotovoltaica completa pero estos dependerán de la conexión que tenga la casa.

A continuación vemos qué tres opciones hay de cara a obtener energía eléctrica para una vivienda haciendo uso de la energía solar fotovoltaica.

6.1 Conexión a red

Esta forma de obtener electricidad es la más común, consiste en tener contratado el servicio de una compañía eléctrica que entrega energía a particulares. No se utiliza ningún tipo de instalación adicional que genere electricidad y lo aporte a la vivienda, solamente se consume de la red.

La compañía eléctrica ofrece su electricidad a un precio y los consumidores a final de mes pagan por la cantidad que hayan gastado.

Son instalaciones que parten de la red pública de suministro, llegan a los hogares pasando por un contador que mide el gasto de cada servicio y se distribuye por una red interna hasta llegar al punto de consumo.

6.2 Sistema fotovoltaico conectado a red

Un sistema fotovoltaico conectado a la red se define como un sistema de generación fotovoltaica que trabaja en paralelo con la del de la compañía eléctrica, ya que es posible utilizar la energía procedente de la red para suplir la demanda no cubierta por la instalación fotovoltaica o inyectar en la red el excedente de energía producida o su totalidad.

Los módulos fotovoltaicos están conectados en serie y paralelo para conseguir los valores de tensión y corriente deseados. Estos sistemas no incluyen un sistema de acumulación para almacenamiento (baterías y regulador), ya que toda la energía generada se consume o se inyecta en la red de distribución, careciendo de sentido su almacenamiento en baterías. Además, de los paneles fotovoltaicos hará falta un inversor y un contador. El primero se encarga de transformar la electricidad de corriente continua, que es como sale de los paneles, a corriente alterna que es como se usa en las viviendas. El contador es el elemento que contabiliza por un lado la cantidad de electricidad sobrante que la vivienda no ha usado y que inyecta a la red como por otro la que la vivienda toma de la red.

Este tipo de instalación puede suponer un ahorro en la factura de electricidad al generar electricidad de manera gratuita con el sol, se deja de gastar dinero en la compra de ese mismo volumen de electricidad a la compañía eléctrica.

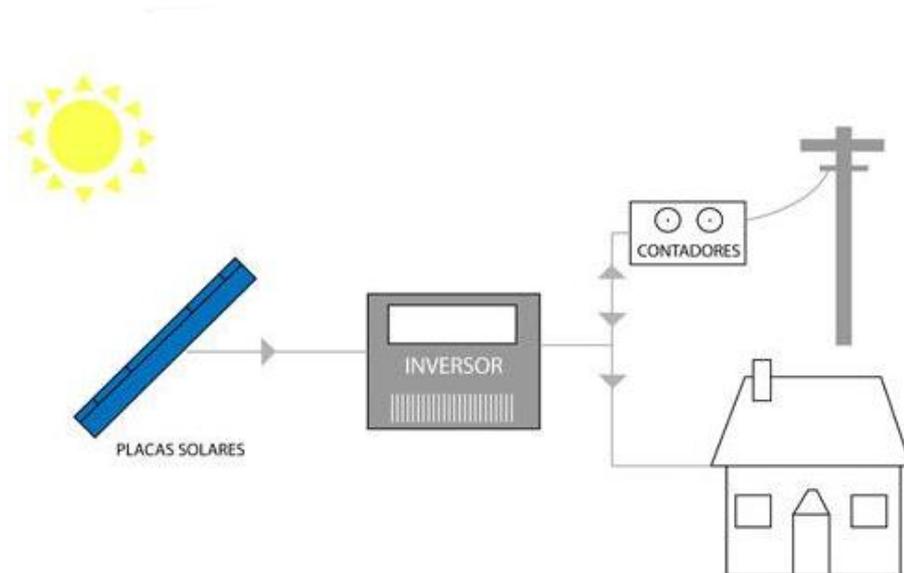


Ilustración 4: Sistema fotovoltaico conectado a red

6.3 Sistema fotovoltaico aislado

Un sistema fotovoltaico aislado es aquel que utiliza energía solar para transformarla en energía eléctrica y que no tiene conexión con la red eléctrica. Permite disponer de energía eléctrica donde la red eléctrica no llega o por cualquier circunstancia no queremos recurrir a las compañías eléctricas.

Al no tener conexión a red, todo lo que se genere mediante los paneles es la electricidad que hay para abastecer a la vivienda, por eso se le denomina sistema de autoconsumo aislado. Es necesario garantizar un determinado suministro energético, aún en las peores condiciones, por lo que será necesario tener en cuenta dichas condiciones como base para el cálculo de las instalaciones.

Este hecho va a influir en la necesidad de disponer de baterías, donde se almacena la energía sobrante durante las horas de producción de manera que se pueda disponer de ella cuando se necesite en horario de no producción. El regulador sirve para proteger la vida útil de la batería y mejorar el funcionamiento del sistema fotovoltaico, limita la carga y descarga de la batería. En este caso también es necesario el inversor, encargado de convertir corriente continua a corriente alterna.

Al requerirse de más componentes, como pueden ser las baterías, hacen que este tipo de instalación sea más compleja aunque también proporciona independencia eléctrica.

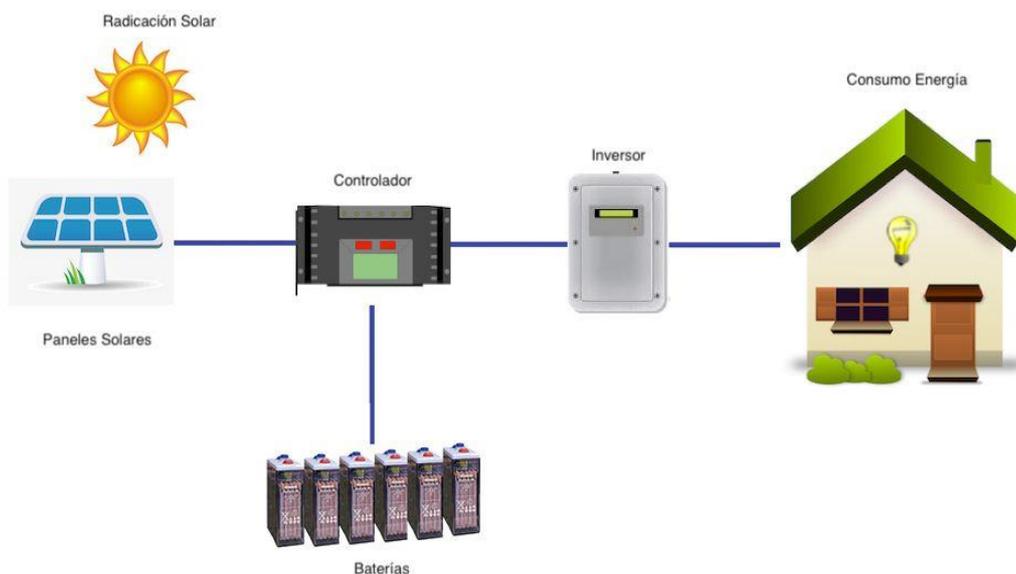


Ilustración 5: Sistema fotovoltaico aislado

7. SOLUCION ESCOGIDA

En el apartado anterior se han comentado las diferentes opciones de conexión que hay en una vivienda para obtener energía eléctrica con el uso de sistemas fotovoltaicos. Para afirmar cuál de esas opciones es la óptima para el caso a estudiar es necesario analizar las necesidades del usuario y la radiación solar del lugar donde se encuentra la vivienda.

Una vez analizados dichos datos de la vivienda a en Gueñes, sobre la que se está haciendo el estudio, se ha concluido que la mejor opción es hacer una instalación fotovoltaica conectada a la red. La radiación del lugar es bastante baja por lo que la instalación de un sistema fotovoltaico aislado conlleva una gran cantidad de baterías. Además, para este caso el número de componentes es elevado incrementando la inversión a realizar. La otra alternativa que se rechaza, conectada a red sin sistema fotovoltaico, no se plantea como opción ya que el objetivo del proyecto es conseguir energía eléctrica mediante energías renovables.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red en la opción más sencilla y que mejor se amolda a la vivienda que se está estudiando. La principal ventaja que tiene es la fiabilidad del suministro de energía además de ser más simple de diseñar. Esto se debe a que se consume la energía generada por el sistema fotovoltaico pero no se almacena en ningún lugar, la red eléctrica se encarga de recoger el exceso de energía producida. También la suministra cuando se requiere una mayor cantidad o cuando el sistema fotovoltaico no genera, como a las noches.

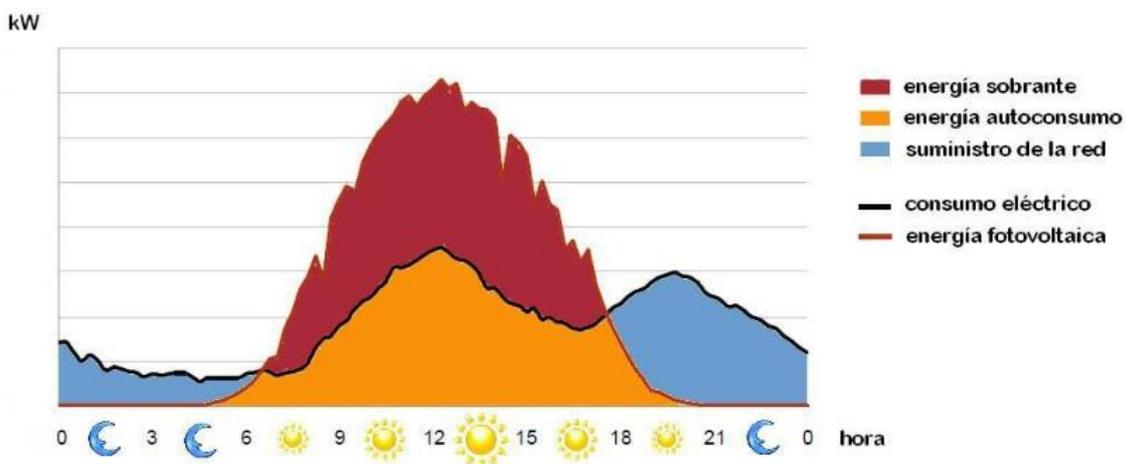


Ilustración 6: Balance energía

Otra ventaja es el ahorro económico, ya que al producir energía eléctrica mediante los paneles solares se reduce el consumo de energía de la red por lo que la factura eléctrica también disminuye. Sin olvidarse del beneficio medioambiental que aportan las instalaciones fotovoltaicas.

Por lo tanto, el proyecto se basará en el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red. En los próximos apartados se realizarán los cálculos y simulaciones necesarias para elaborar un sistema que se ajuste a las necesidades de la vivienda.

8. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

El estudio climatológico ofrece información necesaria a la hora de realizar la instalación fotovoltaica. En él se expondrán los datos climatológicos y datos de radiación solar en la zona de la vivienda.

La información que se obtiene es de gran ayuda para saber si es posible hacer frente a la demanda de la vivienda. De esta forma, se puede analizar si el sistema que se ha diseñado es suficiente para el autoconsumo o es necesario la conexión a la red.

Para obtener la radiación del lugar a analizar se puede recurrir a distintas bases de datos, en concreto este estudio se hará con la base de datos PVsyst.

PVsyst es una herramienta informática de pago utilizada para el análisis, cálculo y dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas tanto de bombeo, aisladas o conectadas a la red. El software se desarrolló por la Universidad de Ginebra (Suiza) y se tiene acceso a la descarga a través de su página oficial de internet donde se encuentra disponible la versión demo, la utilizada para este caso.

Una de sus mayores características es la gran base de datos climatológicos que almacena tanto de radiación solar, temperatura media, velocidad de viento, etc. de varios lugares geográficos del mundo y de varios años de mediciones.

Sus principales fuentes de información son Meteonorm y TMY2-NREL, pero tiene la posibilidad de importar datos de otros centros meteorológicos.

Otro aspecto de gran importancia es un banco de datos de los componentes necesarios en una instalación solar. Almacena en una lista muy detallada las características físicas y técnicas de módulos solares, baterías, reguladores, bombas e inversores clasificados según, fabricante y características nominales.

Introduciendo la localización de la vivienda a estudiar este programa muestra gráficos y tablas con diferentes datos necesarios para el proyecto.

En esta primera gráfica se observa como varia la irradiación en función de los meses, se puede ver la gran diferencia que existe entre los meses de verano e invierno.

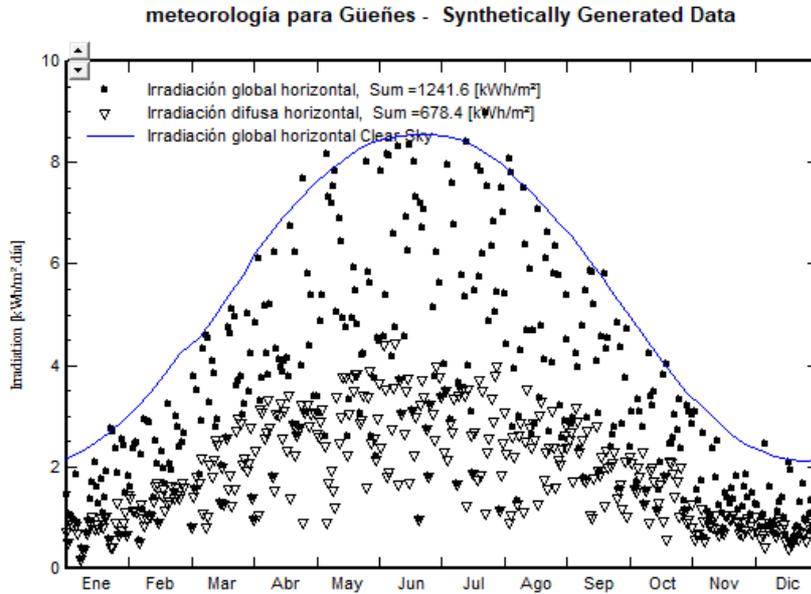


Ilustración 7: Irradiación en Güeñes

Sitio Güeñes (España)						
Origen de datos: Meteonorm 7.2 (1995-2010), Sat=16%						
	Irradiación global horizontal	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del Viento	Linke Turbidity	Relative Humidity
	kWh/m².día	kWh/m².día	°C	m/s	[·]	%
Enero	1.36	0.77	9.3	3.00	2.774	72.3
Febrero	2.11	1.28	9.6	3.10	3.055	70.1
Marzo	3.31	1.85	12.2	3.40	3.252	65.1
Abril	4.28	2.57	13.2	3.20	2.987	68.4
Mayo	5.05	2.77	16.5	2.90	3.122	70.1
Junio	5.47	2.97	19.7	2.70	3.252	72.0
Julio	5.40	2.71	21.5	2.70	3.187	70.4
Agosto	4.69	2.30	21.8	2.60	3.315	71.3
Septiembre	3.82	1.99	19.3	2.39	2.987	72.7
Octubre	2.58	1.53	17.0	2.90	3.122	69.5
Noviembre	1.53	0.84	12.0	2.91	2.774	73.0
Diciembre	1.15	0.71	9.7	3.10	2.700	71.4
Año	3.40	1.86	15.1	2.9	3.044	70.5

Ilustración 8: Datos PVsyst

PVsyst, como se ha dicho anteriormente, posee una gran cantidad de datos que serán útiles para el diseño de un sistema fotovoltaico. A la hora de hacer el dimensionamiento se utilizarán los valores obtenidos en el estudio climatológico.

9. COMPONENTES

En este apartado se van a exponer los componentes elegidos para construir la instalación fotovoltaica y las características de los mismos.

9.1 Paneles

Los paneles fotovoltaicos están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos mediante el efecto fotoeléctrico. Para este proyecto, el modelo elegido es PS320P-24/T de Phono Solar de 320 Wp y 24 V, por su alta eficiencia y su buena relación calidad/precio. A continuación, en la tabla 1, se muestran sus características y en el anexo 3 se encuentra la hoja de especificaciones.

Modelo	PS320P-44/T
Voltaje a Pmax (V)	37
Corriente a Pmax (A)	8.65
Voltaje circuito abierto (V)	46.4
Corriente cortocircuito (A)	8.95
Peso (kg)	24
Dimensiones(mm)	1996x992x45
Eficiencia (%)	16.5
Precio	244.82 €/u
Tipo de celda	Silicio Policristalino

Tabla 1: Datos paneles solares



Ilustración 9: Panel solar

9.2 Inversor

El inversor seleccionado ha sido Huawei Sun 2000- 3KTL. Se ha elegido este modelo con dos MPPT necesario para conectar las distintas zonas del tejado a un único inversor.

En la tabla que se muestra a continuación se pueden ver sus características principales y la hoja de especificaciones en el anexo 3.

Modelo	Huawei Sun 2000L-3KTL
Max. Voltaje entrada (V)	600
Max. Potencia AC (W)	3000
Rango Voltaje (V)	160-480
Dimensiones (mm)	375x375x161.5
Peso(kg)	10.6
Precio	1.680,3€

Tabla 2: Datos inversor



Ilustración 10: Inversor

9.3 Cableado

Las conexiones entre los paneles y el inversor se harán mediante un cable con las siguientes características:

Modelo	RV-K 1000V
Sección (mm^2)	4
Material	Cobre
Precio	1,8 €/m

Tabla 3: Datos cable



Ilustración 11: Cable

9.4 Estructura de soporte

Los soportes a utilizar son del fabricante Solarmat. Se necesitan tres soportes para un módulo y tres soportes para dos módulos, esto es así por la colocación de los paneles en el tejado. Ambos soportes son idóneos para paneles solares de 2000x1000 mm, acorde a las placas elegidas. El precio del soporte para un único modulo es de 100,23 € y el otro soporte tiene un precio de 124,43€.



Ilustración 12: Soporte

10. DIMENSIONAMIENTO

10.1 Configuración de la instalación fotovoltaica

Para configuración de una instalación fotovoltaica conectada a la red se tendrá en cuenta las características del panel fotovoltaico y el inversor escogido para realizar la planta. Estos componentes ya han sido analizados en un apartado anterior.

Una vez que se tienen ya estos datos se puede pasar a diseñar la configuración serie-paralelo de paneles que mejor se adaptará al inversor. Hay que tener en cuenta los siguientes datos:

- Cada rama tendrá la tensión suficiente para la entrada del inversor en el peor de los casos. Dado que la tensión disminuye con la temperatura se tomará como punto más desfavorable la máxima temperatura de trabajo. La tensión debe ser $>160V$
- Cada rama tendrá una tensión que no debe superar la máxima soportada por el inversor, en este caso $< 480V$. El cálculo se realizará tomando el peor de los casos, mínima temperatura.
- La potencia total de los paneles no podrá superar el valor máximo admitido por el inversor $< 4500W$

Se estudia cuántos paneles son necesarios para alcanzar una tensión suficiente o mínima de entrada al inversor.

Para el peor de los casos, se toma como temperatura $70\text{ }^{\circ}C$ ya que el panel suele trabajar unos $30\text{ }^{\circ}C$ por encima de la temperatura ambiente cuando la irradiación es alta.

Este inversor necesita tener al menos 160 V de continua en la entrada.

El fabricante da el coeficiente de temperatura de tensión es $-0.31\text{ }^{\circ}/^{\circ}C$ y los datos están dados cuando la placa trabaja a $25\text{ }^{\circ}C$ y $37V$. Los datos característicos de los paneles se encuentran en su ficha técnica en el anexo 3.

Por lo que la diferencia de temperatura es de $45\text{ }^{\circ}C$

$$\frac{0.31}{100} \times 45 = 0.1395$$

$$0.1395 \times 37 = 5.1615$$

$$37 - 5.1615 = 31.8385V \text{ A } 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$N_{min} = \frac{160}{31.8385} = 5.02$$

Para alcanzar 160 V se necesitan mínimo 5 paneles.

A la hora de estudiar el máximo número de paneles en serie, se supone el peor caso que se da para la temperatura mínima.

En la hoja de especificaciones de la placa fotovoltaica (anexo 3) se indica el valor del coeficiente de tensión es $-0.31 \text{ } \%/^\circ\text{C}$ y $V_{oc} = 46,4 \text{ V}$ a $25 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Suponemos el caso extremo de que en Güeñes la temperatura mínima es de $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$V = 46,4 - \frac{0.31}{100} \times (0 - 25) = 46.4775V$$

$$N_{max} = \frac{600}{46.4775} = 12.9$$

Por lo que el número máximo de paneles es 13.

Por un lado se debe tener en cuenta que la potencia total de los paneles no puede superar la potencia admitida por del inversor y por otro lado que dependiendo de la radiación y temperaturas del lugar la potencia de los paneles se reduce más o menos.

$$P_{max} = 4500 \times \frac{105}{100} = 4725 \text{ Wp}$$

Esta potencia la deberemos conseguir con configuraciones de entre 5 y 13 módulos en serie y los correspondientes en paralelo hasta conseguir una potencia nominal similar a la deseada. Interesa el menor número de ramas posible ya que supone menor corriente en la instalación y por tanto, menos pérdidas.

Teniendo en cuenta la complejidad del tejado y las dificultades para realizar la instalación se ha decidido poner 12 módulos en serie. De este modo, en total se obtienen 3840Wp.

Configuración definitiva:

Número paneles	12
Número ramas	1
Número paneles por inversor	12
Número de inversores	1
Tensión nominal de entrada al inversor	444 V
Intensidad nominal de entrada al inversor	8.65A
Potencia nominal de paneles instalada por inversor	3840W
Potencia total de paneles	3840W
Potencia total a la salida del inversor	3000W

Tabla 4: Configuración definitiva

10.2 Orientación e inclinación óptimas

Dependiendo de la ubicación en la que se coloque la instalación, la energía que puede captar el panel será diferente. A partir de la radiación disponible en dicha ubicación, la energía captada por el panel va a depender de la orientación e inclinación del mismo, así como de las posibles sombras que sobre él incidan.

La posición de los módulos fotovoltaicos con relación al sol influye directamente sobre su producción de energía. Es muy importante colocarlos bien para sacarles el máximo rendimiento

En el caso a estudiar, la vivienda está situada en Gueñes. Los datos de interés de esa ubicación son los siguientes:

Latitud: 43.21°

Longitud: -3.09°

Altitud: 75m

- Orientación, también denominada azimut, es el ángulo que forma la placa fotovoltaica con respecto al Sur.
 - Orientación hacia el sur en el hemisferio Norte.
 - Orientación hacia el norte en el hemisferio Sur

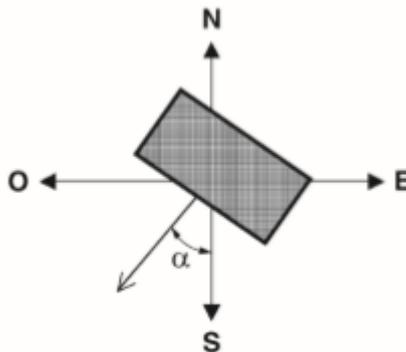


Ilustración 13: Orientación

En el caso a estudiar el tejado está distribuido en tres partes, una de ellas con orientación al sur y las dos restantes tienen un ángulo de azimut 90° y -90° respectivamente.

- Inclinación es el ángulo que forma el panel con el plano horizontal. El objetivo de las instalaciones conectadas a red no es obtener una generación homogénea a lo largo del año, como podría ocurrir en una instalación aislada, sino generar la mayor cantidad de energía posible.

Si se consume una energía casi constante a lo largo de todo el año, se tendrá en cuenta que el invierno es el periodo menos soleado ya que la altura en el horizonte es menor. Por ello, en Europa, para una utilización anual, la inclinación ideal es aproximadamente igual a la latitud del lugar - 10 grados para una orientación sur.

$43.21^\circ - 10^\circ \approx 33^\circ$ La inclinación óptima para el caso estudiado.

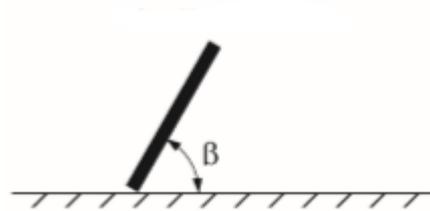


Ilustración 14: Inclinación

Teniendo en cuenta la posición en la que ubicaremos los paneles, para poder calcular la energía solar que son capaces de captar, nos vamos a apoyar en los datos meteorológicos disponibles gracias a las estaciones meteorológicas. Para obtener dichos datos recurriremos a los facilitados por el programa Pvsyst, aunque cabe destacar que existen otros programas o webs que los muestran, un ejemplo de ello PVGIS.

10.3 Cálculo de la estructura soporte

El soporte está diseñado para aguantar los cambios de temperatura y fuertes rachas de viento. Se debe tener en cuenta el espacio disponible y que sea del tamaño de los paneles, siguiendo estas dos condiciones se ha elegido un modelo. Estos soportes irán sobre las tejas del tejado.

10.4 Cableado

Elegir correctamente la sección del cableado es crucial para reducir las pérdidas. Como la casa estudiada ya tiene la instalación eléctrica hecha, únicamente habrá que dimensionar los nuevos cables.

El cable va a ser el encargado de transportar la energía eléctrica en corriente continua entre el panel solar hasta el inversor, donde esta corriente pasa de continua a alterna.

Para el cálculo de la sección necesaria se utiliza la ecuación:

$$S = \frac{2 L I}{k U} (mm^2)$$

Siendo L la longitud del cable (m), k la conductividad (para el cobre $56 \frac{m}{\Omega mm^2}$), I la intensidad, y U la caída de tensión entre sus extremos. Se estima que se necesitarán 20 metros, la intensidad de 8,65 A y la caída entorno al 3%.

Realizando los cálculos la sección del cableado es de $4 mm^2$.

10.5 Estimación de la producción de energía

Para realizar el cálculo de la energía eléctrica generada hace falta saber la energía recibida por el sol durante un periodo de tiempo. Esta energía depende del lugar donde se vaya a realizar la instalación y la obtendremos, como antes se ha comentado en el apartado orientación e inclinación, mediante el programa PVsyst.

Para estimar la energía solar diaria proporcionada por la instalación conectada a red se utiliza la ecuación:

$$E_{Producida} \left(\frac{Wh}{dia} \right) = HPS \left(\frac{h}{dia} \right) \times PpT (W) \times PR$$

- HPS: horas pico solar
- PR: rendimiento de la instalación
- PpT: potencia pico de la instalación

A continuación, se explica más detalladamente qué significado tiene HPS y PR.

- La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m².

$$E_{solar} \left(\frac{Wh}{m^2 \times dia} \right) = HPS \times 1000$$

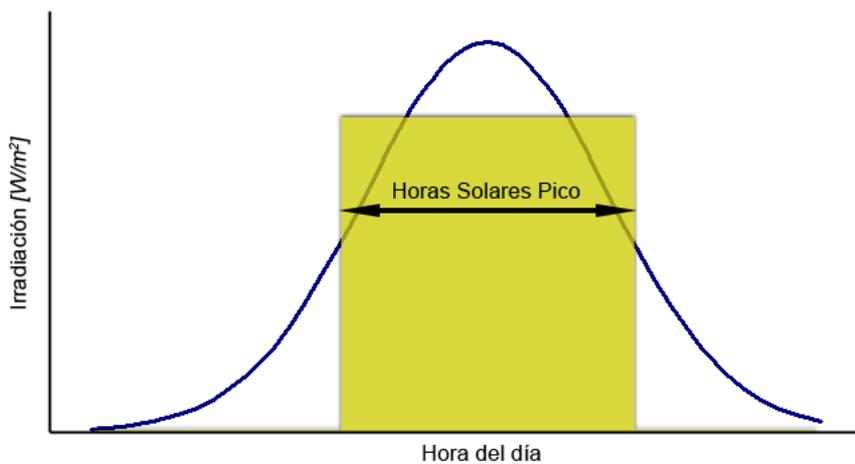


Ilustración 15: Horas solares pico

- Un valor que se emplea para medir el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas, es el Performance Ratio (PR) o Factor de Rendimiento Total. Se trata de un indicador de las pérdidas de potencia en un sistema fotovoltaico y expresa el cociente entre el rendimiento real y el teórico.

Las pérdidas de la instalación pueden ser por diferentes causas, entre ellas:

- Tolerancia
- Degradación
- Mismatch
- Dispersión
- Suciedad
- Inversor y PMP
- Cableado
- Disponibilidad
- Acoplamiento
- Temperatura

En la tabla 5 se pueden ver los factores para el cálculo de performance ratio.

	Tolerancia	Degradación	Mismatch	Dispersión	Suciedad	Inv.+PMP	Cableado	Disponibilidad	Acoplamiento	Temperatura	PR
Enero	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	96,72%	75,75%
Febrero	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	96,92%	75,91%
Marzo	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	95,80%	75,03%
Abril	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	94,88%	74,31%
Mayo	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	94,36%	73,91%
Junio	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	93,32%	73,09%
Julio	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	92,68%	72,59%
Agosto	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	92,52%	72,46%
Septiembre	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	92,72%	72,62%
Octubre	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	93,52%	73,25%
Noviembre	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	95,16%	74,53%
Diciembre	96%	99%	97%	99%	97%	94%	98%	98%	98%	96,44%	75,55%

Tabla 5: Factores cálculo PR

Destacar que el factor de la temperatura se ha calculado realizando los siguientes cálculos:

El fabricante del panel solar especifica que el coeficiente de temperatura es $0.43 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$

	Tª ambiente	Tª panel	Temperatura
Enero	8,2	33,2	96,72%
Febrero	7,7	32,7	96,92%
Marzo	10,5	35,5	95,80%
Abril	12,8	37,8	94,88%
Mayo	14,1	39,1	94,36%
Junio	16,7	41,7	93,32%
Julio	18,3	43,3	92,68%
Agosto	18,7	43,7	92,52%
Septiembre	18,2	43,2	92,72%
Octubre	16,2	41,2	93,52%
Noviembre	12,1	37,1	95,16%
Diciembre	8,9	33,9	96,44%

Tabla 6: Factor temperatura

Una vez hecho todos los cálculos necesarios se calcula la energía solar diaria proporcionada por la instalación conectada a red.

En la tabla 7 se muestra las horas pico solar dependiendo de la orientación del tejado. En el caso a estudiar el tejado se divide en tres orientaciones diferentes y cada uno con su potencia. La suma de las tres aporta la energía producida por toda la instalación cada mes. De esta forma se obtiene la energía producida en un año entero.

	Nº días	HPS(33 ° ,0 °) PpT(W)	HPS(33 ° -90 °) PpT(W)	HPS(33 ° 90 °) PpT(W)	PR	Energía (KWh)
Enero	31	2.14 1920	1.37 960	1.31 960	75.75%	156.9
Febrero	28	2.96 1920	2.03 960	1.99 960	75.91%	202.82
Marzo	31	4.33 1920	3.32 960	3.28 960	75.03%	340.74
Abril	30	4.57 1920	3.91 960	3.91 960	74.31%	362.97
Mayo	31	5 1920	4.63 960	4.63 960	73.91%	423.64
Junio	30	5.28 1920	5.06 960	5.06 960	73.09%	435.31
Julio	31	5.58 1920	5.25 960	5.25 960	72.59%	467.92
Agosto	31	5.23 1920	4.56 960	4.56 960	72.46%	422.22
Septiembre	30	4.85 1920	3.81 960	3.75 960	72.62%	360.99
Octubre	31	3.65 1920	2.58 960	2.52 960	73.25%	270.31
Noviembre	30	2.15 1920	1.45 960	1.40 960	74.53%	153.47
Diciembre	31	2.05 1920	1.28 960	1.19 960	75.55%	147.72
TOTAL						3745.1

Tabla 7: Energía producida

11. SIMULACION FINAL

El sistema descrito es simulado en PVsyst creado a partir de la base climatológica de datos del programa. Esto sirve para comprobar que todo funciona correctamente, además de para detectar dónde se están produciendo las pérdidas más importantes y cuáles son los puntos débiles del sistema, a mejorar si es posible.

Se han realizado tres simulaciones distintas, ya que cada parte del tejado tiene una orientación distinta. Los informes detallados sobre dichas simulación se encuentran en el anexo 2.

A continuación, se analiza la información que ofrece el sistema acerca de la instalación diseñada. Para ello, se han introducido las necesidades de consumo mensual de la vivienda, estos datos de consumo son valores reales anotados con el fin de realizar una simulación bastante real. Al no tener los valores de todos los meses, la energía necesaria en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre se ha tomado unos valores aproximados.

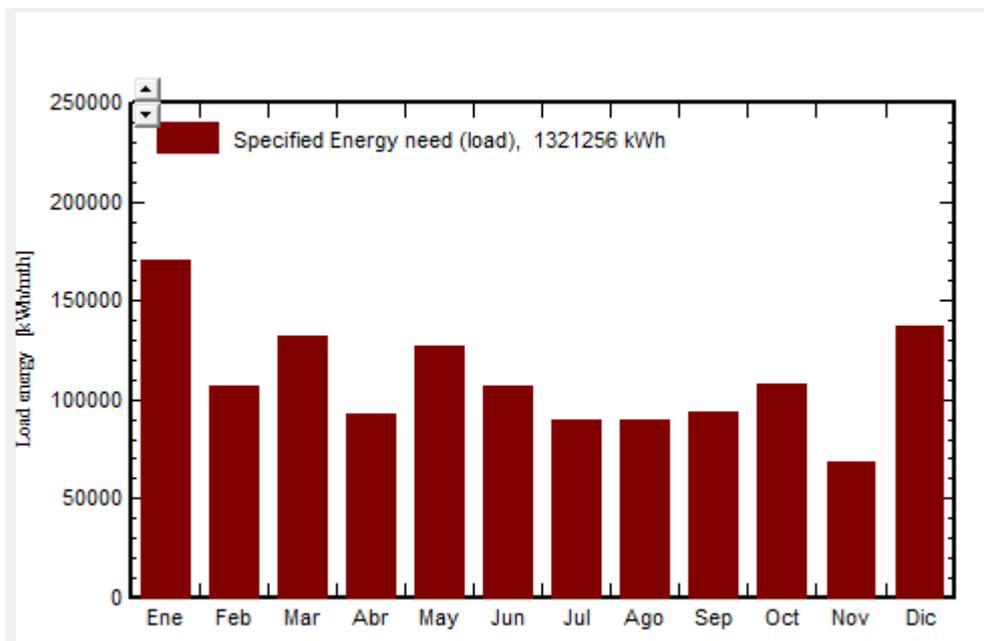


Ilustración 16: Necesidades del usuario

En la zona orientada hacia el sur se han colocado seis paneles solares, en la zona con un azimut de 90° tres paneles y en la zona restante otros tres. En la tabla se ve la potencia de cada parte del tejado así como en conjunto.

Inclinación 33° y orientación 0°	1920W
Inclinación 33° y orientación 90°	960W
Inclinación 33° y orientación -90°	960W
Total	3840W

Tabla 8: Potencia

A continuación, en la tabla 9 se muestra la energía producida por cada parte del tejado a lo largo del año.

Inclinación 33° y orientación 0°	2252 KWh/año
Inclinación 33° y orientación 90°	868.5 KWh/año
Inclinación 33° y orientación -90°	864.3 KWh/año
Total	3984.8 KWh/año

Tabla 9: Energía producida

El programa PVsyst muestra este valor de energía generada que se aproxima al calculado en el apartado estimación de la producción de energía que es 3745.1 KWh/año. Se estima que la vivienda necesita unos 1374 MWh/año. Comparando las necesidades de la vivienda con la energía generada por el sistema fotovoltaico se contempla que es necesario utilizar energía de la red.

En el análisis de pérdidas durante todo, el año se ve de forma clara como se parte de una energía nominal del conjunto pero existen pérdidas relacionadas con el inversor desajustes, temperatura etc. Al final se muestra la energía generada por la instalación fotovoltaica y junto a ello la electricidad necesaria que hay que coger de la red para abastecer la vivienda.

12. ANALISIS DE RIESGOS

En este apartado se presenta un análisis de los posibles riesgos que pueden afectar a la instalación. Mediante la matriz de probabilidad e impacto, se representa la importancia que tienen los riesgos de una forma gráfica.

A: Rotura de los paneles por fenómenos meteorológicos

B: Fallo eléctrico

C: Sobrecalentamiento de los paneles

D: Cambio de precio de los componentes

E: Acumulación de nieve

		PROBABILIDAD				
		Raro	Poco probable	Posible	Muy probable	Casi seguro
CONSECUENCIAS	Despreciable	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Menores	Bajo	Bajo	C	D	Medio
	Moderadas	Medio	Medio	Medio	E	Alto
	Mayores	Medio	B	Alto	Alto	Muy alto
	Catastróficas	A	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto

Tabla 10: Matriz probabilidad e impacto

A: Ante una tormenta con granizo y fuerte viento tener en cuenta que todos los módulos comercializados pasan unos controles y cumplen unas normas para evitar la rotura en casos así. Es un riesgo ante el cual pocas medidas pueden tomarse.

B: Un fallo eléctrico en alguno de los componentes del sistema no es muy probable, pero en el caso que así fuese su consecuencia sería muy grande. Por ello, una medida preventiva sería disponer de algún recambio, de esta forma si ocurriese un fallo la instalación este sin funcionar el menor tiempo posible. Esto supondría un coste extra, pero aporta mayor seguridad.

C: Los módulos fotovoltaicos se suelen sobrecalentar durante los meses de verano. Es un problema bastante probable y tiene una gran consecuencia, reduce su eficiencia. Esta es una característica conocida y proporcionada por el vendedor. Hay que tener en cuenta que en esa época la energía solar disponible es muy alta, siendo superior a la que se utiliza y por tanto esta reducción del rendimiento no representa ningún problema.

D: Otro de los problemas a tener en cuenta es que los precios de los componentes suban de precio entre la realización del presupuesto y la compra de estos. Pero hoy en día hay una gran oferta de los componentes necesarios y no se considera una incidencia grave. La solución pasa por escoger otro componente de características similares, sin que afecte al presupuesto final del proyecto.

E: Teniendo en cuenta la localización de la vivienda, es probable que ocurra una nevada bastante copiosa como para que se acumule una cantidad de nieve excesiva sobre los paneles. La nieve no tarda más de dos o tres días en fundirse, pero para evitar posibles problemas se aconseja eliminar la nieve lo antes posible.

13. FASES DEL PROYECTO

El presente trabajo se ha realizado en 5 fases que se describen a continuación junto con sus tareas, También se muestra una tabla con las fechas importantes de cada tarea, así como su duración y el diagrama de Gantt para representarlo gráficamente.

13.1 Descripción de tareas

Fase 1 – Trabajos previos

En esta fase se realiza un estudio con el fin de tener una idea clara de los pasos a seguir. Se recoge información y documentación que será útil para el desarrollo del proyecto. Además se aprender a manejar las herramientas que se vayan a utilizar como son Microsoft Excel y sobre todo PVsyst.

Fase 2 – Determinar datos iniciales

Durante esta fase se determina la energía solar disponible mediante el programa Pvsyst, información necesaria para la realización de los posteriores cálculos. También se analizan las necesidades del usuario con ayuda de Excel, donde se trabaja con los datos de consumo de la vivienda del último año.

Fase 3 –Dimensionamiento

Es la fase más importante, es en la que se busca información acerca de los componentes que se deben utilizar para el proyecto. Además, se calcula que paneles fotovoltaicos se van a emplear y el número de los mismos teniendo en cuenta el espacio disponible, inclinación y distancia mínima entre paneles. También, de la determinación inversor, soporte y cableado. Y por último se realiza una estimación de la producción de energía. Acabar esta fase supone un hito ya que todos los elementos elegidos, y número de ellos, deben ser los correctos.

Fase 4 – Estudios

Se realiza una evaluación económica, donde se realiza un presupuesto y un análisis de viabilidad. En caso de que no salga viable habría que buscar distintas alternativas y así llegar a la elección final.

Fase 5 – Informe

Por último, con toda la información obtenida se realiza el informe. Este informe recoge el desarrollo, información y resultados que se han ido obteniendo. Tras la redacción del informe el trabajo ya estaría terminado y por eso hay un segundo hito. De todas formas, para asegurarse de que todo está correcto se lleva a cabo una última comprobación de todo el documento.

13.2 Diagrama de Gantt

A continuación se presentan en un diagrama de Gantt donde se ve la duración de las tareas descritas anteriormente. El proyecto tiene una duración de 43 días, comenzando el 20 de mayo de 2019. Se tienen en cuenta los días útiles y los laborables, el proyecto se da por finalizado el 17 de julio de 2019.

	Ⓜ	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores
1		Trabajos previos	6 days	20/05/19 8:00	27/05/19 17:00	
2		Estudio del contexto	3 days	20/05/19 8:00	22/05/19 17:00	
3		Aprendizaje PVsyst	3 days	23/05/19 8:00	27/05/19 17:00	2
4		Determinar datos iniciales	5 days	28/05/19 8:00	3/06/19 17:00	
5		Determinación energía solar disponible	2 days	28/05/19 8:00	29/05/19 17:00	3
6		Determinación de las necesidades del usuario	3 days	30/05/19 8:00	3/06/19 17:00	5
7		Dimensionamiento	13 days	4/06/19 8:00	20/06/19 17:00	
8		Busqueda información	4 days	4/06/19 8:00	7/06/19 17:00	6
9		Dimensionamiento de los paneles	2 days	10/06/19 8:00	11/06/19 17:00	8
10		Dimensionamiento del inversor	2 days	12/06/19 8:00	13/06/19 17:00	9
11		Estructura soporte	1 day	14/06/19 8:00	14/06/19 17:00	10
12		Cableado	1 day	17/06/19 8:00	17/06/19 17:00	11
13		Estimación de la producción de energía	3 days	18/06/19 8:00	20/06/19 17:00	12
14		Hito 1	0 days	20/06/19 17:00	20/06/19 17:00	13
15		Estudios	4 days	21/06/19 8:00	26/06/19 17:00	
16		Evaluación económica	3 days	21/06/19 8:00	25/06/19 17:00	14
17		Elección final	1 day	26/06/19 8:00	26/06/19 17:00	16
18		Informe	15 days	27/06/19 8:00	17/07/19 17:00	
19		Redacción del informe	14 days	27/06/19 8:00	16/07/19 17:00	17
20		Hito 2	0 days	16/07/19 17:00	16/07/19 17:00	19
21		Revisión	1 day	17/07/19 8:00	17/07/19 17:00	20

Tabla 11: Listado de tareas

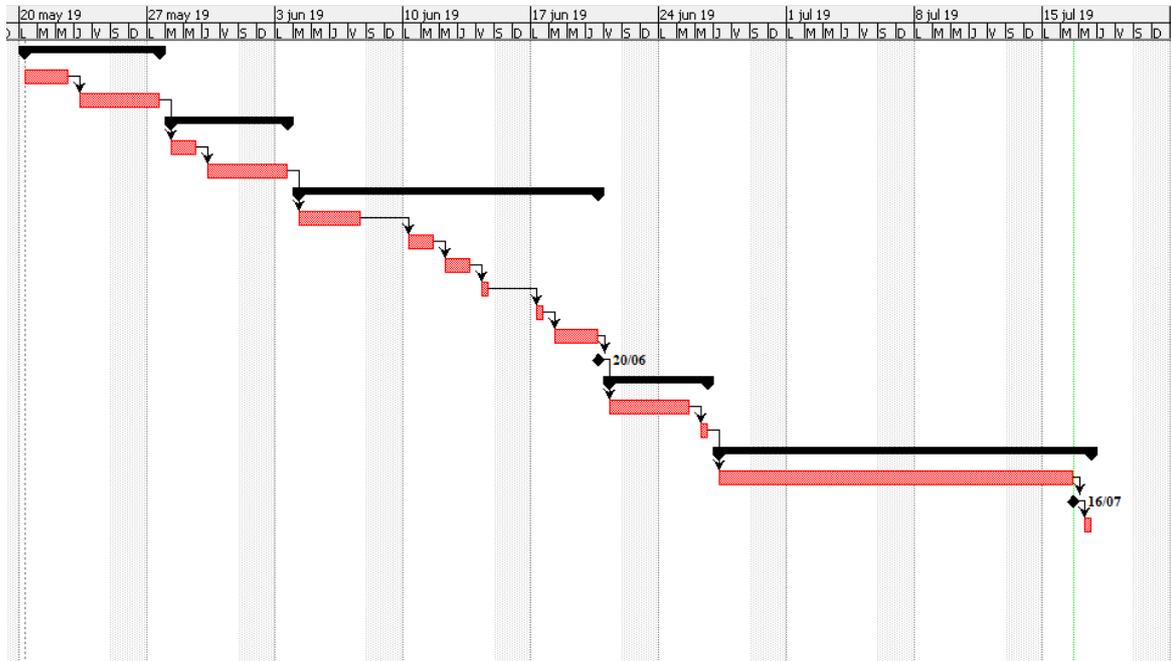


Ilustración 17: Diagrama de Gantt

14. ANALISIS ECONOMICO

14.1 Presupuesto ejecutado

En este apartado se va a realizar el presupuesto de la realización del proyecto.

Horas internas			
Concepto	Horas	€/h	Coste
Ingeniero Técnico	260	25	6.500,00 €
Ingeniero Superior	8	50	400,00 €
Subtotal			6.900,00 €

Tabla 12: Horas internas

Amortizaciones				
Concepto	Vida útil (H)	Horas de uso	Precio	Coste
Ordenador	3840	260	900,00 €	60,94 €
Licencia Office	3840	120	149,00 €	4,66 €
Licencia <u>PVsystem</u>	3840	40	1.181,00 €	12,30 €
Subtotal				77,90 €

Tabla 13: Amortizaciones

El presupuesto final de la elaboración del proyecto es el que se muestra a continuación.

Como concepto están las horas internas y amortizaciones. Además, se debe tener en cuenta los costes indirectos y los imprevistos. El presupuesto total es de 7690.34€.

Resumen	
Concepto	Coste
Horas internas	6.900,00 €
Amortizaciones	77,90 €
Subtotal 1	6.977,90 €
Costes indirectos (7%)	488,45 €
Subtotal 2	7.466,35 €
Imprevistos (3%)	223,99 €
Total	7.690,34 €

Tabla 14: Resumen

14.2 Análisis de rentabilidad

A continuación, hace un estudio de manera financiera para analizar la rentabilidad del proyecto

Presupuesto sistema fotovoltaico				
Concepto	Unidades	Precio Unitario	Costo Total	€/Wp
Módulo fotovoltaico	12	244,82 €	2.937,84 €	0,77 €
Inversor	1	1.680,30 €	1.680,30 €	0,10 €
Cable	20	1,80 €	36,00 €	
Soporte 1	3	100,23 €	300,69 €	
Soporte 2	3	124,43 €	373,29 €	
Operario	2	600,00 €	1.200,00 €	
Total instalación			5.328,12 €	0,86 €

Tabla 15: Presupuesto

El coste inicial de la instalación del sistema fotovoltaico es de 5.328,12€.

Para terminar de analizar la rentabilidad de esta instalación se analizarán el periodo Pay-Back, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Para ello se va a suponer un tiempo de vida de 25 años, algo que aseguran los fabricantes. Para la realización de los cálculos se harán suponiendo que la capacidad de generación de los módulos fotovoltaicos disminuye con los años.

Años	Inversión	Ingresos	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
0	5.328,12 €		- 5.328,12 €	- 5.328,12 €
1		396,01 €	396,01 €	- 4.932,11 €
2		394,11 €	394,11 €	- 4.538,00 €
3		392,14 €	392,14 €	- 4.145,86 €
4		390,18 €	390,18 €	- 3.755,68 €
5		388,23 €	388,23 €	- 3.367,45 €
6		386,28 €	386,28 €	- 2.981,17 €
7		384,35 €	384,35 €	- 2.596,82 €
8		382,43 €	382,43 €	- 2.214,39 €
9		380,52 €	380,52 €	- 1.833,87 €
10		378,62 €	378,62 €	- 1.455,25 €
11		376,72 €	376,72 €	- 1.078,53 €
12		374,84 €	374,84 €	- 703,69 €
13		372,97 €	372,97 €	- 330,72 €
14		371,10 €	371,10 €	40,38 €
15		369,19 €	369,19 €	409,57 €
16		367,40 €	367,40 €	776,97 €
17		365,56 €	365,56 €	1.142,53 €
18		363,73 €	363,73 €	1.506,26 €
19		361,92 €	361,92 €	1.868,18 €
20		360,10 €	360,10 €	2.228,28 €
21		358,31 €	358,31 €	2.586,59 €
22		356,51 €	356,51 €	2.943,10 €
23		354,73 €	354,73 €	3.297,83 €
24		352,96 €	352,96 €	3.650,79 €
25		351,19 €	351,19 €	4.001,98 €

Tabla 16: Análisis económico

El periodo Pay-Back o periodo de amortización indica el tiempo que se necesita para recuperar la inversión inicial. En la tabla 16 se puede observar que el Pay- Back de este proyecto es de 14 años.

El VAN es de 4.001,98 € y obtenemos que el margen de beneficio del proyecto es mínimo, con un valor de TIR muy pequeño del 3%

15. CONCLUSIONES

En este apartado se comentan las diferentes conclusiones extraídas de la realización del proyecto.

En primer lugar, destacar la importancia de las energías renovables. Las energías renovables son fuentes de energía limpia, inagotable y competitiva. Se pueden aprovechar en cualquier parte del planeta y tienen una gran diversidad, por eso están consideradas como las fuentes de energía del futuro. No producen gases de efecto invernadero ni emisiones contaminantes que son los causantes del cambio climático, por lo que, tienen grandes beneficios medioambientales.

Dentro de las energías renovables la tecnología de generación fotovoltaica es de las más importantes. La investigación y el desarrollo tecnológico son necesarios para conseguir mejoras y de este modo su implantación se expanda.

La energía solar fotovoltaica es sistema adecuado para zonas rurales o aisladas donde el tendido eléctrico no llega o zonas geográficas que disponen de muchas horas de sol al día. No obstante, con un buen estudio se pueden realizar instalaciones fotovoltaicas aunque las condiciones no sean las más óptimas. La localización de la vivienda a estudiar no es la idónea pero mediante este estudio se ha visto que la instalación de paneles solares aporta beneficios tanto medioambientales como económicos.

Con la colocación de paneles fotovoltaicos en el tejado de la vivienda disminuye la energía eléctrica consumida de la red por lo que la factura también será menor. El hecho de que la vivienda esté conectada a la red garantiza que en caso de que la instalación falle o surja algún imprevisto, nuestra vivienda va a disponer siempre de energía, por lo que se podrían realizar operaciones de mantenimiento o arreglar la instalación si fuera necesario sin cortar el suministro energético de la vivienda.

En cuanto al análisis económico, destacar que la inversión inicial no es muy elevada, supone un esfuerzo económico, pero tampoco tanto como para que no sea posible realizar la instalación. Según los fabricantes, el tiempo de vida de los componentes es de entorno unos 25 años por lo que tener un Pay-Back de 14 años, es un periodo que muestra que de inicio no es rentable pero deja margen para obtener beneficios.

16. BIBLIOGRAFIA

1. Apuntes de la asignatura “Dimensionado de sistemas conectados a red” del Master Universitario en Integración de las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico.
2. PVsyst, (s.f.) <https://www.pvsyst.com>.
3. PVGIS, (s.f.) <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
4. Phono Solar,(s.f.)
<http://www.phonosolar.com/ENStandardModule/performance.html>
5. Solarmat, (s.f.) <http://solarmat.es/es/Estructura-paneles-solares/Estructura-solar-tejado-inclinado/>
6. Cable RV-K, (s.f.) <https://www.monsolar.com/cable-solar-flexible-cobre-rvk-1000v-doble-aislamiento.html>
7. Sistemas conectados a red, (s.f)
<https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es IEA ISF05 Contenidos/web site 2 sistemas fotovoltaicos conectados a red.html>
8. Huawei, (s.f.) <https://solar.huawei.com/es/Products/Fusion-Home>
9. Módulos fotovoltaicos, (s.f.) <https://www.cambioenergetico.com/blog/ultima-tecnologia-placas-solares/>
10. Energias renovables, (s.f.) <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
11. Paneles solares fotovoltaicos, (s.f.)
<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>
12. Temperatura,(s.f.) <https://www.monsolar.com/blog/como-afecta-la-temperatura-a-una-placa-solar-2/>

ANEXO 1: Normativa

Los principales decretos sobre la generación fotovoltaica son los siguientes:

- Real Decreto 2818/1998: aparecen las primeras primas por la implementación de estos sistemas, con el fin de fomentar su estudio e instalación.
- Real Decreto 436/2004: Aumentan las primas, con el objeto de instalar, al menos, 150MW de este tipo de energía.
- Real Decreto 661/2007: las primas, ahora, varían en función del Índice de Precios de Consumo (IPC) y las ventajas se estudian, máximo, cada 4 años. Objetivo de potencia instalada aumenta hasta los 371MW.
- Real decreto de autoconsumo 900/2015: se regula la legalización de las instalaciones (solares y eólicas) para la autoproducción de energía eléctrica. Incluye el denominado “impuesto al sol”, que consiste en cobrar la potencia fotovoltaica instalada (en torno a 0,09€/KW por año) en los sistemas conectados a la red. No existe una financiación pública para las grandes plantas de generación.
- Real decreto 244/2019: Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo y de energía eléctrica.

Existen normas que regulan las instalaciones fotovoltaicas:

UNE 20460-7-712:2006: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV). UNE 206001:1997 EX: Módulos fotovoltaicos. Criterios ecológicos.

UNE-EN 50380:2003: Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.

UNE-EN 50461:2007: Células solares. Información de la documentación técnica y datos del producto para células solares de silicio cristalino.

UNE-EN 60891:1994: Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiación de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino. (Versión oficial EN 60891:1994).

UNE-EN 60904-10:1999: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 10: Métodos de medida de la linealidad.

UNE-EN 60904-1:1994: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: medida de la característica intensidad-tensión de los módulos fotovoltaicos. (Versión oficial EN 60904-1:1993)

UNE-EN 60904-1:2007: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica corriente-tensión de dispositivos fotovoltaicos. (IEC 60904-1:2006).

UNE-EN 60904-2/A1:1998: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.

UNE-EN 60904-2:1994: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: requisitos de células solares de referencia. (Versión oficial EN 60904-2:1993).

UNE-EN 60904-2:2008: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de dispositivos solares de referencia. (IEC 60904-2:2007).

UNE-EN 60904-3:1994: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos (fv) de uso terrestre con datos de irradiación espectral de referencia.

UNE-EN 60904-5:1996: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura de la célula equivalente (TCE) de dispositivos fotovoltaicos (FV) por el método de la tensión de circuito abierto.

UNE-EN 60904-6/A1:1998: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.

UNE-EN 60904-6:1997: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.

UNE-EN 60904-7:1999: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 7: Cálculo del error introducido por desacoplo espectral en las medidas de un dispositivo fotovoltaico.

UNE-EN 60904-8:1999: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 8: Medida de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico (FV).

UNE-EN 60904-9:2008: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 9: Requisitos de funcionamiento para simuladores solares.

UNE-EN 61194:1997: Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.

UNE-EN 61215:2006: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.

UNE-EN 61345:1999: Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (FV).

UNE-EN 61646:1997: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo

UNE-EN 61646:2009: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.

ANEXO 2: Resultados de la simulación en PVsyst

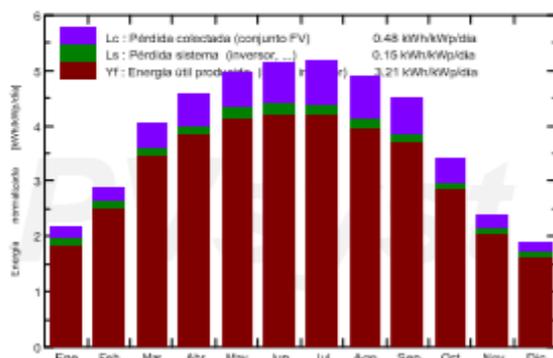
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Instalacion fotovoltaica
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

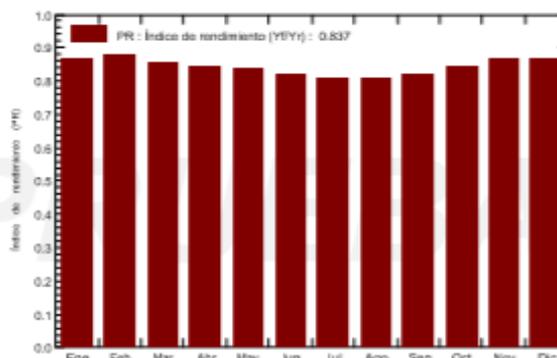
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	33°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom 320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	6	Pnom total 1920 Wp
Inversor	Modelo	3 kWac inverter	Pnom 3000 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales	Global	1374 MWh/año

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía producida	2252 kWh/año	Produc. específica 1173 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	83.65 %	Fracción solar (SF) 0.16 %

Producciones normalizadas (por kWp Instalado): Potencia nominal 1920 Wp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	42.2	23.80	9.29	66.9	65.0	117.5	170973	111.6	0.000	170862
Febrero	59.0	35.80	9.59	81.2	78.9	142.8	106653	136.4	0.000	106517
Marzo	102.6	57.50	12.20	125.8	122.2	215.7	131870	206.7	0.000	131663
Abril	128.5	77.20	13.20	136.5	132.2	231.9	92975	222.2	0.000	92753
Mayo	156.4	85.70	16.52	154.1	149.0	258.1	127030	247.0	0.000	126783
Junio	164.1	89.10	19.69	154.4	149.1	253.8	106526	242.8	0.000	106283
Julio	167.3	83.90	21.46	160.5	155.1	260.4	110077	249.1	0.000	109828
Agosto	145.4	71.10	21.78	151.6	146.9	246.6	104160	236.1	0.000	103924
Septiembre	114.5	59.70	19.33	135.2	131.2	222.8	106526	213.5	0.000	106313
Octubre	79.8	47.60	17.02	106.0	102.9	178.5	111972	170.7	0.000	111801
Noviembre	46.0	25.10	11.98	71.6	69.6	124.9	67958	118.7	0.000	67839
Diciembre	35.8	21.90	9.68	58.4	56.7	102.9	137231	97.4	0.000	137133
Año	1241.6	678.39	15.18	1402.2	1358.7	2355.9	1373951	2252.0	0.000	1371699

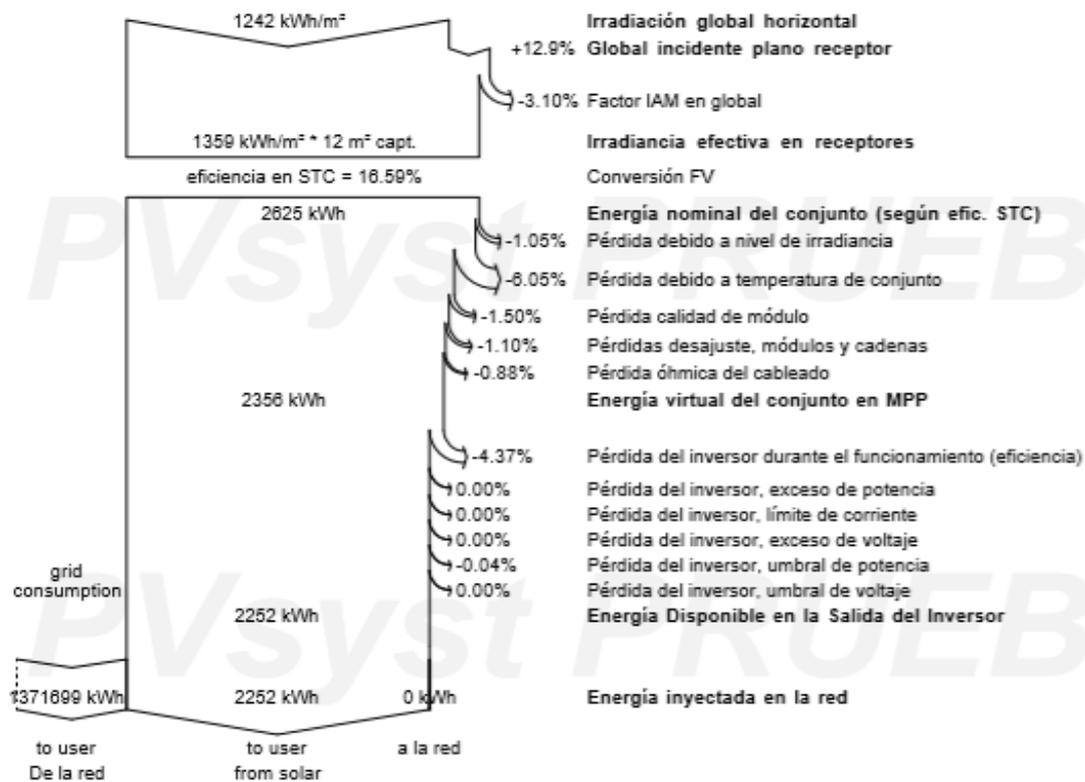
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal
 DiffHor Irradiación difusa horizontal
 T_Amb Temperatura Ambiente
 GlobInc Global incidente plano receptor
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 EArray Energía efectiva en la salida del conjunto
 E_User Energía suministrada al usuario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

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Instalacion fotovoltaica
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	33°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom	320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	6	Pnom total	1920 Wp
Inversor	Modelo	3 kWac inverter	Pnom	3000 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales		Global	1374 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



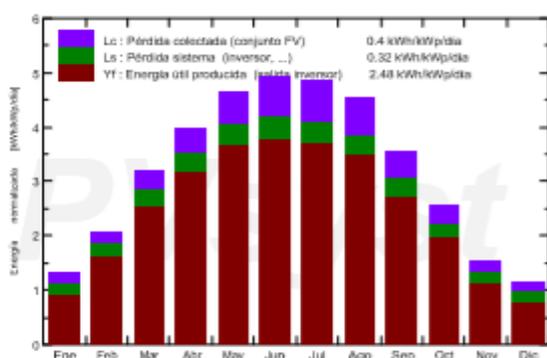
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Instalacion fotovoltaica
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

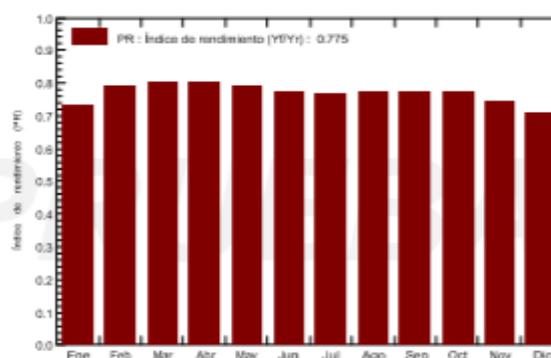
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	33°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom 320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3	Pnom total 960 Wp
Inversor	Modelo	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom 1200 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales	Global	1374 MWh/año

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía producida	868.5 kWh/año	Produc. específica 905 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	77.46 %	Fracción solar (SF) 0.06 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 960 Wp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación
Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	42.2	23.80	9.29	40.6	38.4	35.1	170973	28.4	0.000	170945
Febrero	59.0	35.80	9.59	58.4	56.0	51.2	106653	44.3	0.000	106609
Marzo	102.6	57.50	12.20	99.1	95.4	85.4	131870	76.1	0.000	131793
Abril	128.5	77.20	13.20	120.0	116.0	102.6	92975	92.3	0.000	92883
Mayo	156.4	85.70	16.52	144.3	139.6	121.3	127030	109.5	0.000	126920
Junio	164.1	89.10	19.69	147.4	142.7	121.4	106526	109.6	0.000	106417
Julio	167.3	83.90	21.46	150.5	145.6	122.5	110077	110.3	0.000	109967
Agosto	145.4	71.10	21.78	140.8	136.5	115.1	104160	103.8	0.000	104056
Septiembre	114.5	59.70	19.33	106.6	102.8	88.6	106526	79.1	0.000	106447
Octubre	79.8	47.60	17.02	79.5	76.3	67.1	111972	58.7	0.000	111913
Noviembre	46.0	25.10	11.98	45.9	43.7	39.6	67958	32.8	0.000	67925
Diciembre	35.8	21.90	9.68	34.9	33.0	30.2	137231	23.8	0.000	137207
Año	1241.6	678.39	15.18	1168.0	1125.9	980.0	1373951	868.5	0.000	1373082

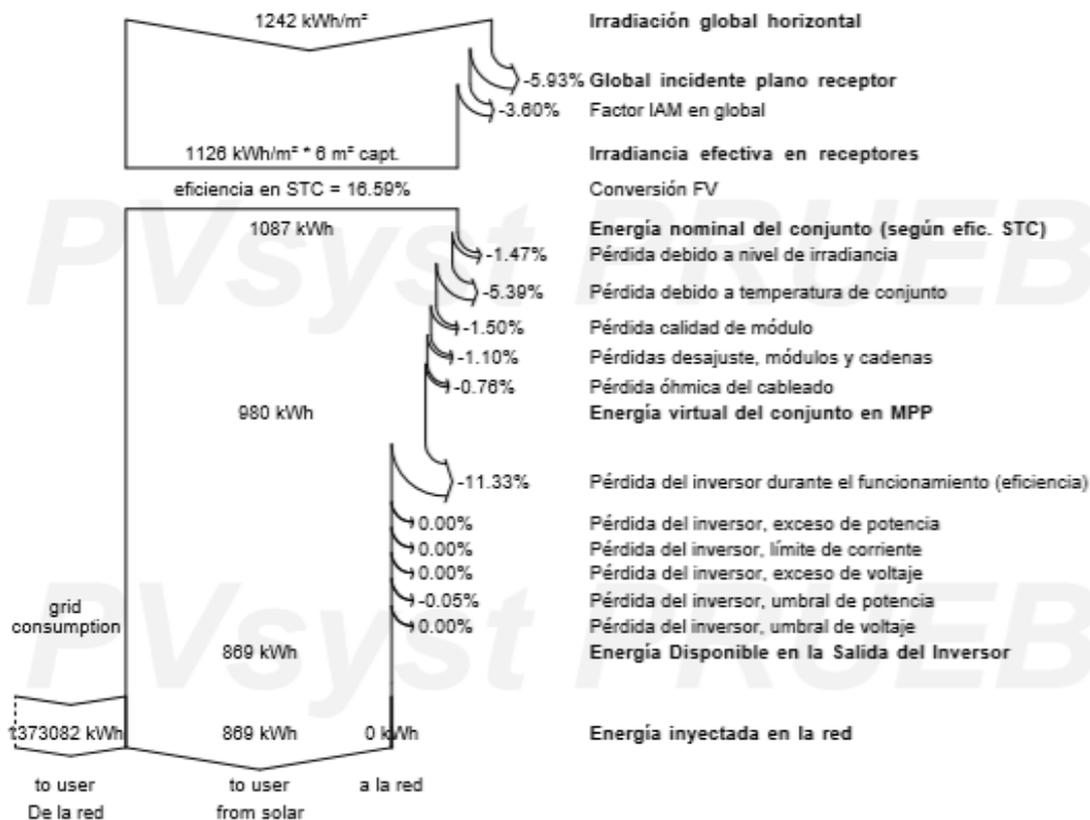
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal
 DiffHor Irradiación difusa horizontal
 T_Amb Temperatura Ambiente
 GlobInc Global incidente plano receptor
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 EArray Energía efectiva en la salida del conjunto
 E_User Energía suministrada al usuario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

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Instalacion fotovoltaica
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	33°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom 320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3	Pnom total 960 Wp
Inversor	Modelo	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom 1200 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales		Global 1374 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : Instalacion fotovoltaica

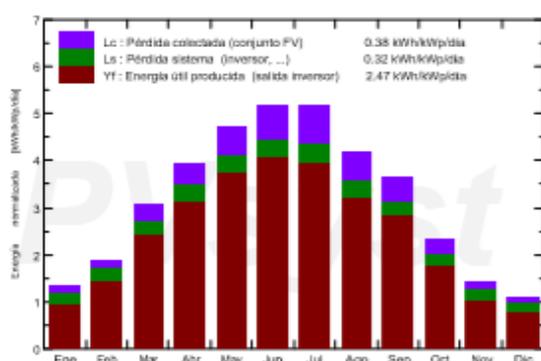
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	33°	acimut	-90°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom	320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3	Pnom total	960 Wp
Inversor	Modelo	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom	1200 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales		Global	1374 MWh/año

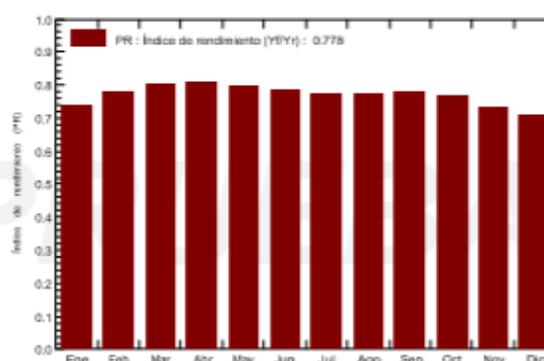
Resultados principales de la simulación

Producción del sistema	Energía producida	864.3 kWh/año	Produc. específica	900 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	77.82 %	Fracción solar (SF)	0.06 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 960 Wp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	42.2	23.80	9.29	41.0	38.9	35.8	170973	29.1	0.000	170944
Febrero	59.0	35.80	9.59	53.2	50.7	46.6	106653	39.8	0.000	106613
Marzo	102.6	57.50	12.20	94.6	91.1	82.1	131870	72.8	0.000	131797
Abril	128.5	77.20	13.20	118.4	114.2	101.7	92975	91.4	0.000	92884
Mayo	156.4	85.70	16.52	146.4	141.9	123.9	127030	112.0	0.000	126918
Junio	164.1	89.10	19.69	155.6	151.0	129.2	106526	117.1	0.000	106409
Julio	167.3	83.90	21.46	159.7	155.1	131.1	110077	118.5	0.000	109958
Agosto	145.4	71.10	21.78	130.0	125.7	107.1	104160	96.0	0.000	104064
Septiembre	114.5	59.70	19.33	109.4	105.6	91.5	106526	81.9	0.000	106444
Octubre	79.8	47.60	17.02	71.9	68.7	61.0	111972	52.7	0.000	111919
Noviembre	46.0	25.10	11.98	42.5	40.4	36.8	67958	29.8	0.000	67928
Diciembre	35.8	21.90	9.68	34.1	32.2	29.6	137231	23.2	0.000	137208
Año	1241.6	678.39	15.18	1156.8	1115.6	976.4	1373951	864.3	0.000	1373087

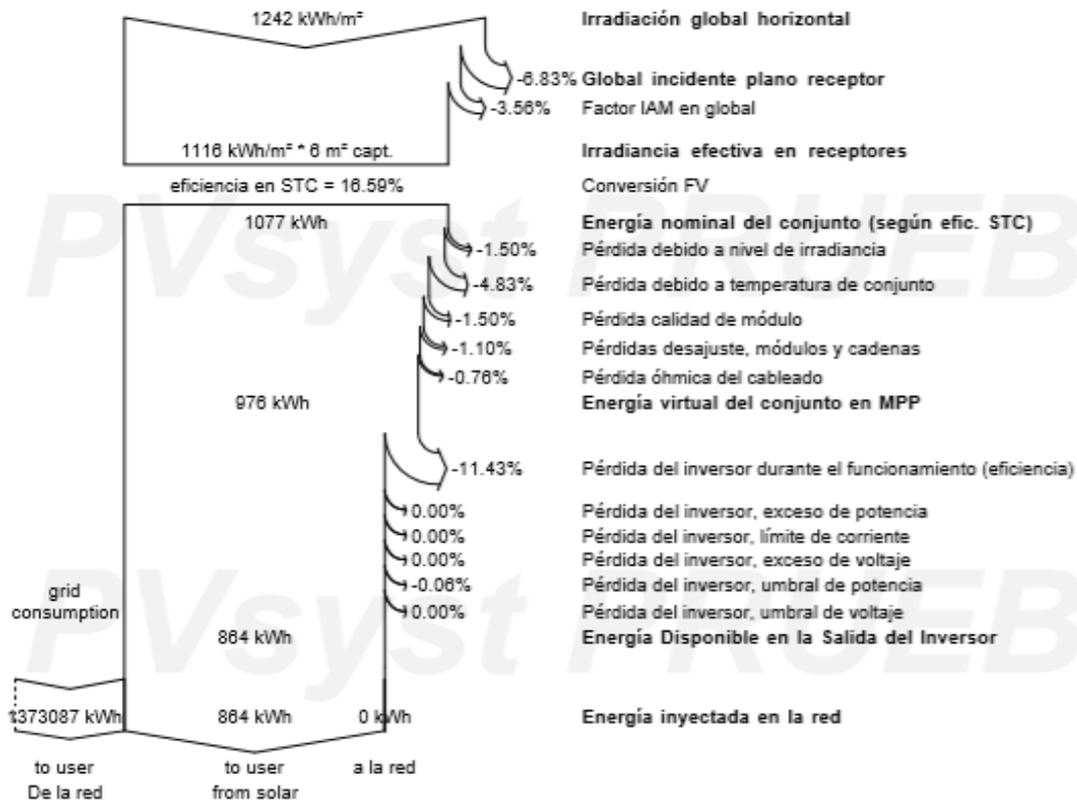
Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto
	T_Amb	Temperatura Ambiente	E_User	Energía suministrada al usuario
	GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Solar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

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Instalacion fotovoltaica
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	33°	acimut -90°
Módulos FV	Modelo	PS320P-24/T	Pnom 320 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3	Pnom total 960 Wp
Inversor	Modelo	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom 1200 W ac
Necesidades del usuario	valores mensuales	Global	1374 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



ANEXO 3: Hojas de especificaciones de los componentes

Smart Energy Center



reddot award 2016
winner

Higher Revenue

- High efficiency inverter topology
- Max. efficiency 98.6%
- European weighted efficiency 98.0%

Simple & Easy

- 10.6kg, allows one person simple installation
- Optimized AC connector for quick wiring
- Supports one-click inverter configuration

Battery Ready

- Integrated Plug & Play energy storage interface

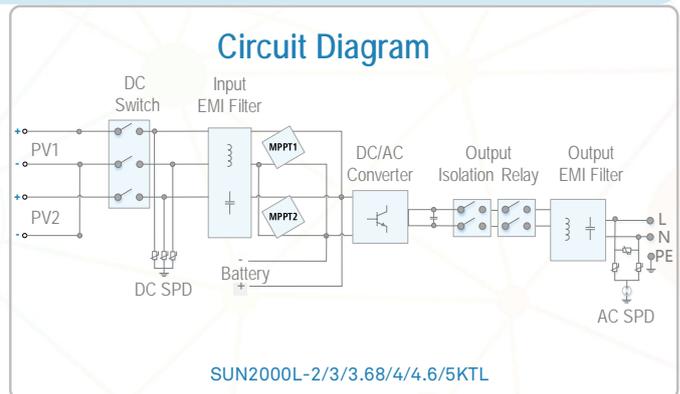
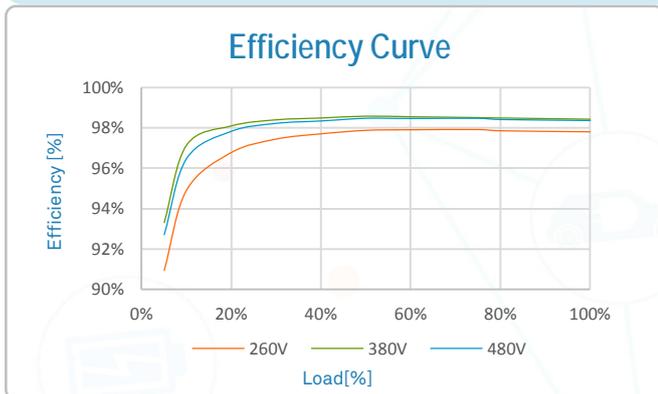
Safe & Reliable

- IP65, natural convection
- Integrated lightning protection for both DC and AC
- Zero export function with smart power sensor

SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL

Technical Specification	SUN2000L-2KTL	SUN2000L-3KTL	SUN2000L-3.68KTL	SUN2000L-4KTL	SUN2000L-4.6KTL	SUN2000L-5KTL
Efficiency						
Max. efficiency	98.4 %	98.5 %	98.5 %	98.6 %	98.6 %	98.6 %
European weighted efficiency	97.0 %	97.6 %	97.8 %	97.9 %	98.0 %	98.0 %
Input						
Recommended max. PV power	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp
Max. input voltage	600 V / 495 V ¹					
Operating voltage range ¹	90 V ~ 600 V / 90 V ~ 495 V ¹					
Start-up voltage	120 V					
Full power MPPT voltage range	120 V ~ 480 V	160 V ~ 480 V	190 V ~ 480 V	210 V ~ 480 V	260 V ~ 480 V	260 V ~ 480 V
Rated input voltage	380 V					
Max. input current per MPPT	11 A					
Max. short-circuit current	15 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. number of inputs per MPPT	1					
Output						
Grid connection	Single phase					
Rated output power	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ²
Max. apparent power	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA ³	5,500 VA ⁴
Rated output voltage	220 V / 230 V / 240 V					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁵	25 A ⁵
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
Protection						
Anti-Islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC lightning protection	Yes					
AC lightning protection	Yes					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Over-heat protection	Yes					
General Data						
Operating temperature range	-30 ~ +60 °C (Derating above 45°C @ Rated output power)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Operating altitude	0 - 4,000 m (Derating above 2,000 m)					
Cooling	Natural convection					
Display	LED indicators					
Communication	RS485, WLAN					
Weight (incl. mounting bracket)	10.6 kg (23.4 lb)					
Dimension (incl. mounting bracket)	375 * 375 * 161.5 mm (14.8 * 14.8 * 6.4 inch)					
Degree of protection	IP65					
Battery Compatibility						
Battery	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R					
Voltage range	350 ~ 450 Vdc					
Max. current	10 A					
Communication	RS485					
Standard Compliance (more available upon request)						
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2					
Grid connection standards	G83/2, G59/3, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, UTE C 15-712-1, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, NRS 097-2-1, DEWA 2016					

The text and figures reflect the current technical state at the time of printing. Subject to technical changes. Errors and omissions excepted. Huawei assumes no liability for mistakes or printing errors. For more information, please visit solar.huawei.com. Version No.:01-(20181001)



*1. Only applicable for PV string. The maximum input voltage and operating voltage upper limit will be reduced to 495 V when inverter connects and works with LG battery.
 *2. AS4777:4990W. *3. VDE-AR-N 4105:4600VA / AS4777:4990VA. *4. AS4777:4990VA. *5. AS4777:21.7A.

ABOUT PHONO SOLAR

Phono Solar Technology Co., Ltd. is one of the world's leading renewable energy product manufacturers and a well trusted brand provider. The Phono Solar brand has become synonymous with high performing, top quality photovoltaic panels that are ideal for use in large scale power plants, commercial and residential installations.



Outstanding performance in weak-light conditions



Anti-PID^[1]



Excellent temperature coefficient giving higher yields in the long term



IP68 connectors enhance the reliability of the PV system



Positive current sorting



Certified to withstand increased loads of up to 5400Pa



10-year product warranty
25-year performance warranty^[2]

Durability assured:



Salt mist corrosion resistance



Ammonia corrosion resistance



Fire test resistance



Blowing sand resistance

- Manufacturing facility certified by ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001
- Internal quality control has standards higher than both IEC and UL

- Product quality is assured through the use of branded components
- Free module recycling through PV Cycle Association membership^[3]

HIGH PERFORMANCE SOLAR MODULES

300W-325W



Diamond Series

Onyx Series



MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cells	Polycrystalline 156mm x 156mm square, 6 x 12 pieces in series
Dimension	Length: 1956mm (77.0 inch)
	Width: 992mm (39.1 inch)
	height: 45mm (1.8 inch)
Weight	24kg (52.9 lbs)
Front Glass	3.2mm toughened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Cable	4mm ² (IEC) / 12AWG (UL), 1100mm
Junction Box	IP 67 rated

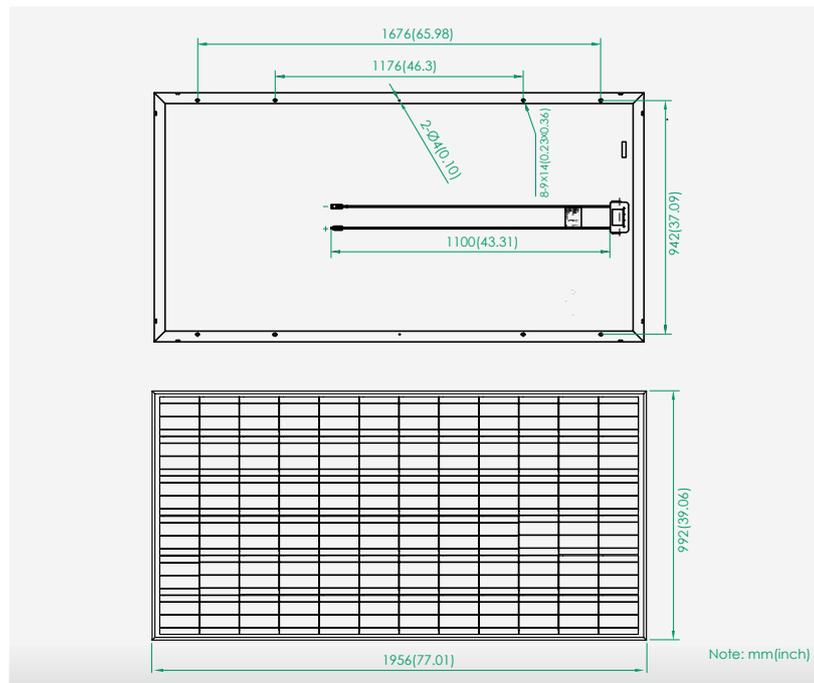
ABSOLUTE MAXIMUM RATING

Parameter	Values
Operating Temperature	From -40 to +85°C
Hail Diameter @ 80km/h	Up to 25mm
Surface Maximum Load Capacity	Up to 5400Pa
Maximum Series Fuse Rating	15A
IEC Application Class (IEC61730)	A
Fire Rating (IEC61730)	C
Module Fire Performance (UL1703)	Type 1
Maximum System Voltage	DC 1000V (IEC)
	DC 600V (UL) / 1000V (ETL)

ELECTRICAL TYPICAL VALUES^[4]

Model	Rated Power (P _{mpp})	Rated Current (I _{mpp})	Rated Voltage (V _{mpp})	Short Circuit Current (I _{sc})	Open Circuit Voltage (V _{oc})	Module Efficiency (%)
PS300P-24/T	300W	8.24A	36.4V	8.65A	45.6V	15.46
PS305P-24/T	305W	8.35A	36.5V	8.73A	45.8V	15.72
PS310P-24/T	310W	8.45A	36.7V	8.80A	46.0V	15.98
PS315P-24/T	315W	8.56A	36.8V	8.88A	46.2V	16.23
PS320P-24/T	320W	8.65A	37.0V	8.95A	46.4V	16.50
PS325P-24/T	325W	8.69A	37.4V	8.99A	46.5V	16.70

DIMENSIONS



TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature)	45°C ± 2°C
Voltage Temperature Coefficient	-0.31%/K
Current Temperature Coefficient	+0.07%/K
Power Temperature Coefficient	-0.40%/K

WEAK LIGHT PERFORMANCE

Intensity [W/m ²]	I _{mpp}	V _{mpp}
1000	1.0	1.000
800	0.8	0.996
600	0.6	0.990
400	0.4	0.983
200	0.2	0.952

PACKING CONFIGURATION

Container	40' HQ
Pieces per pallet	22
Pallets per container	22
Pieces per container	484

PARTNER INFORMATION

Note: This datasheet is not legally binding. Phono Solar reserves the right to make specifications changes without notice. Further information can be found on our website: www.phonosolar.com

1. Anti-PID modules are only available upon request.
2. In compliance with our warranty terms and conditions.
3. In PV Cycle member countries only, see: www.pvcycle.org
4. Measurement conditions under irradiance level of Standard Test Conditions (STC): 1000W/m², Air mass 1.5 Spectrum, cell temperature of 25°C.