



GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de fin de grado

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN MI
VIVIENDA, CON ANÁLISIS DE VIABILIDAD**

Autor: Guillermo Osborne de Arteaga

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Mayo 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
PROYECTO DE INSTALACIÓN DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA
EN MI VIVIENDA, CON ANÁLISIS DE VIABILIDAD
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021-22 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Guillermo Osborne de Arteaga Fecha: 15/ 06/ 2022



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Luis Javier Mata Fecha: 15/ 06/ 2022

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN MI VIVIENDA, CON ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Autor: Osborne de Arteaga, Guillermo.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto trata del estudio de la instalación de paneles solares en una vivienda unifamiliar para generar electricidad y abaratar la factura de la luz, así como reducir el impacto medioambiental del consumo. Además, se evalúa la viabilidad económica del proyecto, obteniendo periodos de recuperación de la inversión de entre 3 y 5 años.

Palabras clave: Autoconsumo, energía solar, tecnología fotovoltaica.

1. Introducción

En este proyecto se va a explicar sin entrar en mucha profundidad la tecnología fotovoltaica, sus distintas modalidades de utilización y se va a estudiar su implementación en una vivienda residencial.

El objetivo principal de este proyecto es aprovechar la superficie disponible de unos 50 m² del techo de un garaje para llevar a cabo una instalación solar fotovoltaica que permita reducir los costes de la factura de la luz de una vivienda con consumos muy significativos. Se van a seleccionar todos los componentes necesarios para la implementación de dicha tecnología, se va a desarrollar un presupuesto para la instalación y se va a evaluar su rentabilidad económica.

2. Definición del proyecto

Para la mayoría de los cálculos de la instalación se va a utilizar la herramienta PVsyst. El criterio principal de selección de los componentes va a ser económico, siempre y cuando se cumplan unos estándares mínimos de calidad, ya que el objetivo final del proyecto es la rentabilidad y el ahorro económico.

Gracias a un balance energético obtenido con el software de cálculo fotovoltaico anteriormente mencionado va a ser posible determinar el ahorro energético. Con el ahorro energético y la selección de una tarifa adecuada en la modalidad de sistema

conectado a la red con compensación de excedentes de energía se puede comparar lo que se paga con la instalación frente a lo que se pagaba sin ella, para así determinar el ahorro económico obtenido gracias a la tecnología fotovoltaica y contrastarlo con el coste de la tecnología para analizar su viabilidad económica.

3. Descripción de la herramienta

PVsyst es un software que permite el estudio y la simulación de instalaciones fotovoltaicas. Para este proyecto se va a definir toda la instalación una vez estén elegidos los componentes adecuados y se va a desarrollar un modelo de la instalación para poder simularlo.

La aplicación permite determinar la zona geográfica para obtener unos meteorológicos precisos que permitan simular de manera adecuada el comportamiento de los módulos fotovoltaicos. Es preciso definir la orientación y dimensiones de la instalación.

Con el objetivo de realizar la simulación lo más aproximada posible al comportamiento real, se importa un fichero con un histórico de consumos de la vivienda del último año por cada tramo horario, que el software contrasta con la producción de la instalación para llegar al siguiente balance energético:

Todo en kWh				
Fecha	Consumo	de Placas	de la Red	Vertido a la red
Enero	794	219	575	520
Febrero	601	184	417	665
Marzo	749	262	487	786
Abril	874	321	553	815
Mayo	1177	408	769	786
Junio	1454	447	1007	737
Julio	1417	411	1006	797
Agosto	1584	450	1134	748
Septiembre	1099	302	797	748
Octubre	849	236	613	729
Noviembre	726	172	554	651
Diciembre	712	200	512	498
Anual	12036	3612	8424	8480

4. Resultados

Gracias a dicho balance energético, es posible contrastarlo con datos de facturas de luz antiguas para calcular el ahorro anual obtenido gracias a la instalación como se muestra en el modelo a continuación:

Energías en kWh - Impuestos no incluidos							
Fecha	Consumo	de Placas	de la Red	Coste	Vertido a la red	Devolución	Coste final
Enero	794	219	575	109,73 €	520	57,20 €	81,39 €
Febrero	601	184	417	79,58 €	665	73,15 €	35,29 €
Marzo	749	262	487	92,94 €	786	86,46 €	35,34 €
Abril	874	321	553	105,53 €	815	89,65 €	44,74 €
Mayo	1177	408	769	146,75 €	786	86,46 €	89,15 €
Junio	1454	447	1007	192,17 €	737	81,07 €	139,96 €
Julio	1417	411	1006	191,98 €	797	87,67 €	133,17 €
Agosto	1584	450	1134	216,40 €	748	82,28 €	162,99 €
Septiembre	1099	302	797	152,09 €	748	82,28 €	98,68 €
Octubre	849	236	613	116,98 €	729	80,19 €	65,65 €
Noviembre	726	172	554	105,72 €	651	71,61 €	62,98 €
Diciembre	712	200	512	97,71 €	498	54,78 €	71,79 €
Anual	12036	3612	8424	1.607,58 €	8480	932,80 €	1.021,14 €

Término kW contratados	0,132799 €/kW	Gasto anterior anual	2.122,87 €
Termino kWh consumidos	0,190833 €/kWh	Gasto con instalación	1.021,14 €
Compensación excedentes	0,11 €/kWh	Ahorro anual	1.101,72 €
Fijo por kW/mes	28,86 €	Impuesto electricidad	56,32 €
		Subtotal	1.158,04 €
		IVA	243,19 €
Recuperación de la inversión	4,55 años	Total ahorro anual	1.401,23 €

Por último, se realiza un análisis económico para ver la rentabilidad del proyecto con la Tasa Interna de Retorno (TIR) teniendo en cuenta los valores de ahorro anual y el coste total de la instalación:

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Capex	-6.374,96 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ahorro anual	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €
Resultado	-4.973,73 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €

TIR **24%**

5. Conclusiones

La viabilidad del proyecto es incuestionable, la rentabilidad de casi un 25% es formidable y la inversión inicial se recuperaría en menos de cinco años. Además, se reduce el impacto ambiental de la vivienda ya que se utiliza una gran parte de energía renovable.

PROJECT FOR THE INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC GENERATION IN MY HOME, WITH A FEASIBILITY ANALYSIS

Author: Osborne de Arteaga, Guillermo.

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project consists of the study of the installation of solar panels in a single-family home to generate electricity and lower the electricity bill, as well as reduce the environmental impact of consumption. In addition, the economic viability of the project is evaluated, obtaining investment recovery periods of between 3 and 5 years.

Keywords: Self-consumption, solar energy, photovoltaic technology.

1. Introduction

In this project, photovoltaic technology, its different modes of use, and its implementation in a residential home will be studied without going into great depth.

The main objective of this project is to take advantage of the available surface of about 50 m² of the roof of a garage to carry out a photovoltaic solar installation that allows reducing the costs of the electricity bill of a house with very significant consumption. All the necessary components for the implementation of said technology will be selected, a budget for the installation will be developed and its economic profitability will be evaluated.

2. Project definition

For most of the installation calculations, the PVsyst tool will be used. The main criterion for selecting the components will be economic, if minimum quality standards are met, since the final objective of the project is profitability and economic savings.

Thanks to an energy balance obtained with the photovoltaic calculation software, it will be possible to determine energy savings. With energy savings and the selection of an appropriate rate in the mode of system connected to the network with compensation of energy surpluses, it is possible to compare what is paid with the installation versus what was paid without it, to determine the savings obtained thanks to photovoltaic technology and contrast it with the cost of the technology to analyze its economic viability.

3. Tool description

PVsyst is a software that allows the study and simulation of photovoltaic installations. For this project, the entire installation will be defined once the appropriate components have been chosen and a model of the installation will be developed in order to simulate it.

The application allows determining the geographical area to obtain precise meteorological data that allow the behavior of the photovoltaic modules to be adequately simulated. It is necessary to define the orientation and dimensions of the installation.

In order to carry out the simulation as close as possible to the real behavior, a file is imported with a consumption history of the dwelling for the last year for each time period, which the software contrasts with the production of the installation to arrive at the following balance energetic:

All in kWh				
Date	Demand	From Panels	From Grid	to Grid
January	794	219	575	520
February	601	184	417	665
March	749	262	487	786
April	874	321	553	815
May	1177	408	769	786
June	1454	447	1007	737
July	1417	411	1006	797
August	1584	450	1134	748
September	1099	302	797	748
October	849	236	613	729
November	726	172	554	651
December	712	200	512	498
Yearly	12036	3612	8424	8480

4. Results

Thanks to this energy balance, it is possible to compare it with data from old electricity bills to calculate the annual savings obtained thanks to the installation, as shown in the model below:

Energy in kWh - TAX not included							
Date	Demand	from Panles	from Grid	Cost	to Grid	Compensation	Final Cost
January	794	219	575	109,73 €	520	57,20 €	81,39 €
February	601	184	417	79,58 €	665	73,15 €	35,29 €
March	749	262	487	92,94 €	786	86,46 €	35,34 €
April	874	321	553	105,53 €	815	89,65 €	44,74 €
May	1177	408	769	146,75 €	786	86,46 €	89,15 €
June	1454	447	1007	192,17 €	737	81,07 €	139,96 €
July	1417	411	1006	191,98 €	797	87,67 €	133,17 €
Agust	1584	450	1134	216,40 €	748	82,28 €	162,99 €
September	1099	302	797	152,09 €	748	82,28 €	98,68 €
October	849	236	613	116,98 €	729	80,19 €	65,65 €
November	726	172	554	105,72 €	651	71,61 €	62,98 €
December	712	200	512	97,71 €	498	54,78 €	71,79 €
Yearly	12036	3612	8424	1.607,58 €	8480	932,80 €	1.021,14 €

Contracted power	0,132799 €/kW	Old yearly expense	2.122,87 €
Consumed energy price	0,190833 €/kWh	Expense with installation	1.021,14 €
Energy compensation	0,11 €/kWh	Yearly savings	1.101,72 €
Fixed kW/month	28,86 €	Electricity tax	56,32 €
		Subtotal	1.158,04 €
		TAX	243,19 €
		Final yearly savings	1.401,23 €
Pay-Back	4,55 years		

Finally, an economic analysis is carried out to see the profitability of the project with the Internal Rate of Return (IRR) considering the annual savings values and the total cost of the installation:

Year	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Capex	-6.374,96 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Yearly savings	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €
Result	-4.973,73 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €

IRR **24%**

5. Conclusions

The viability of the project is unquestionable, the profitability of almost 25% is formidable and the initial investment would be recovered in less than five years. In addition, the environmental impact of housing is reduced since a large part of renewable energy is use.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. MEMORIA.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Estado de la cuestión.....	16
1.2. Motivación y objetivos del proyecto.....	16
1.3. Autoconsumo basado en energías renovables.....	16
1.3.1. Sistemas aislados.....	16
1.3.2. Sistemas conectados a la red eléctrica	17
1.4. Energía solar fotovoltaica.....	17
1.4.1. Radiación solar	17
1.4.2. Componentes de una instalación fotovoltaica:	19
1.4.2.1. Módulos	19
1.4.2.2. Estructuras soporte.....	19
1.4.2.3. Baterías	19
1.4.2.4. Inversores	20
1.4.2.5. Reguladores de carga.....	20
1.4.3. Tecnología fotovoltaica en España	21
1.5. Marco regulatorio.....	21
2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	24
2.1. Emplazamiento	24
2.1.1. Ubicación y características	25
2.1.2. Datos meteorológicos	25
2.2. Demanda energética y ahorro buscado	27
2.3. Elección de los módulos fotovoltaicos	28
2.4. Cálculos de la instalación con la ayuda de PVsyst.....	29
2.4.2. Distribución de los módulos.....	30
2.4.3. Elección del inversor y configuración eléctrica de la instalación	32
2.4.4. Estructuras de soportes	33
2.5. Producción estimada.....	35
2.6. Pérdidas.....	36
2.7. Conexión a la red eléctrica. Vatímetro.	37
2.8. Cableado y elementos de protección.....	38
2.8.1. Protecciones de corriente continua.....	38
2.8.2. Protecciones de corriente alterna	38
2.8.2. Cableado.....	38
2.9. Puesta a tierra.....	39

2.10. Mantenimiento.....	40
3. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	41
3.1. Presupuesto.....	41
3.2. Ahorro eléctrico previsto.....	42
3.4. Rentabilidad	43
4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL. ODS.	46
4.1. Alineamiento del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	46
4.1.2. ODS 7. Energía asequible y no contaminante	47
4.2.2. ODS 13. Acción por el clima	47
4.2. Emisiones evitadas con el uso de la instalación fotovoltaica	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXOS.....	50
ANEXO A. Informe PVsyst.....	50
ANEXO B. Ficha técnica paneles fotovoltaicos	57
ANEXO C. Ficha técnica inversor	59
ANEXO D. Ficha técnica interruptor diferencial	61
ANEXO E. Hoja características cable de tierra 6 mm ²	64
ANEXO F. Hoja características cable Top Solar	65
ANEXO G. Hoja características fusible.....	66
ANEXO H. Hoja características protección magnetotérmico.....	68
ANEXO I. Hoja de montaje soporte triangular.....	69
ANEXO J. Facturas de la luz (original y ajustada)	75
ANEXO K. Ficha técnica vatímetro	77
DOCUMENTO 2. PLANOS.	78

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa de la radiación solar global media anual en la superficie española. Fuente: CTE (Código Técnico de la edificación) – EFIMARKET	18
Ilustración 2: Boceto del garaje. Fuente: elaboración propia.....	24
Ilustración 3: Perspectiva de la cubierta del garaje. Fuente: elaboración propia	25
Ilustración 4: Radiación global diaria en El Puerto de Santa María. Fuente AEMet, elaboración propia	26
Ilustración 5: Consumo periódico bimensual de la vivienda. Fuente: elaboración propia.	27
Ilustración 6: Configuración vertical de los paneles. Fuente: elaboración propia.	30
Ilustración 7: Configuración horizontal de los paneles. Fuente: elaboración propia.....	31
Ilustración 8: Planos módulos fotovoltaicos. Fuente: ficha técnica Jinko Solar (Anexo)	31
Ilustración 9: Optimización del ángulo de los paneles. Fuente: estudio de PVsyst, elaboración propia.	33
Ilustración 10: Producción normalizada, por kWp instalado. Fuente elaboración propia con PVsyst.	35
Ilustración 11: Diagrama de pérdidas. Fuente PVsyst, elaboración propia.	36
Ilustración 12: Esquema de la instalación. Fuente: elaboración propia.....	37
Ilustración 13: Conexión de los paneles. Fuente: elaboración propia.....	39
Ilustración 14: Balance de emisiones de CO ₂	48

Índice de tablas

Tabla 1: Radiación solar global media anual. Fuente: CTE (Código Técnico de la edificación) – EFIMARKET	18
Tabla 2: Datos meteorológicos promedio de la ubicación. Fuente Meteonorm 8.0	26
Tabla 3: Mejores alternativas de paneles por fabricante. Fuente: elaboración propia	28
Tabla 4: Comparativa de inversores más utilizados. Fuente: elaboración propia.....	32
Tabla 5: Desglose costes estructuras soporte. Fuente: elaboración propia.	34
Tabla 6: Presupuesto de la instalación. Fuente: elaboración propia.	41
Tabla 7: Balance de energías del sistema. Fuente: elaboración propia, datos de PVsyst.	42
Tabla 8: Modelo de cálculo del ahorro original. Fuente: elaboración propia.	43
Tabla 9: Flujos de caja y TIR caso base. Fuente: elaboración propia.....	44
Tabla 10: Modelo del cálculo del ahorro ajustado. Fuente: elaboración propia.	44
Tabla 11: Flujos de caja y TIR caso con ajuste. Fuente: elaboración propia.....	45

Documento 1. Memoria.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estado de la cuestión

La energía fotovoltaica es una transformación directa de la energía obtenida de la radiación solar a energía eléctrica mediante unos paneles compuestos por unos semiconductores conocidos como diodos, que al recibir la radiación solar se excitan y generan una ligera diferencia de potencial.

Magnificando este efecto mediante la utilización de una gran cantidad de diodos de este tipo colocados a lo largo del panel y atendiendo a su conexión (serie o paralelo) se pueden llegar a producir tensiones y corrientes considerablemente superiores.

La corriente generada es del tipo continua (DC), y la que se utiliza en consumo doméstico es corriente alterna (AC). Por tanto, se debe realizar una transformación mediante un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en alterna: un inversor (DC/AC).

A continuación, esa corriente alterna puede ser inyectada a la red eléctrica, la de la vivienda en nuestro caso.

1.2. Motivación y objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es estudiar la forma óptima de implementar tecnología de autoconsumo energético en una vivienda particular, motivado por la situación actual de precios de la electricidad y del gas exorbitados, y por la importancia de la sostenibilidad en el panorama que estamos viviendo.

La solución principal que se propone es de tecnología solar fotovoltaica, contando con la ayuda del programa PVsyst para el diseño de la instalación. A continuación, se van a describir brevemente las modalidades existentes.

1.3. Autoconsumo basado en energías renovables

En el autoconsumo, la generación de energía se lleva a cabo en el mismo lugar donde se va a consumir dicha energía. Al implementar este esquema con la utilización de energías renovables, se llega a un modelo completamente sostenible.

1.3.1. Sistemas aislados

Los sistemas aislados, como su propio nombre indica son aquellos que no tienen ningún tipo de conexión con la red de distribución eléctrica .

La ventaja principal de este tipo de sistema es la independencia de la red eléctrica y por consiguiente la eliminación de la factura de la luz y todos los costes que estar conectados a la red conllevan.

La desventaja es que, al depender del sol, no está garantizado el abastecimiento continuo de energía por lo que se deben instalar baterías para almacenarla en las horas de excedente de generación y suplir las horas en las que no hay sol.

Además, en caso de fallo no se tendría fuente alternativa de energía.

1.3.2. Sistemas conectados a la red eléctrica

Este sistema es el opuesto al anteriormente comentado, con conexiones a la red de distribución, cuyo objetivo es reducir el consumo de la red (y por consiguiente la factura) en las horas de más consumo que se ajustan a las horas de alta radiación solar utilizando la energía generada por los paneles en lugar de consumirla de la red.

Esta conexión puede ser unidireccional, es decir, que no se puede inyectar energía en la red, o bidireccional en la que devolvemos nuestros excedentes de energía a la red, a cambio de una compensación económica.

1.4. Energía solar fotovoltaica

Es importante tener claros los conceptos de radiación, irradiancia e irradiación. En el pliego de condiciones técnicas para instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) se distinguen las siguientes definiciones:

“La radiación es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas, la irradiancia se refiere a la densidad de potencia incidente por unidad de superficie (kW/m^2) y la irradiación se define como la energía incidente en una superficie a lo largo de un tiempo determinado (kWh/m^2)”

Especificaciones para el aprovechamiento de la energía solar mediante una instalación fotovoltaica:

1.4.1. Radiación solar

Como se ha comentado previamente, esta energía proviene del sol en su origen, por lo que un aspecto clave de este proyecto es estudiar la radiación solar en la ubicación de la instalación: El Puerto de Santa María, Cádiz.

A continuación, se muestra un mapa de radiación en España:

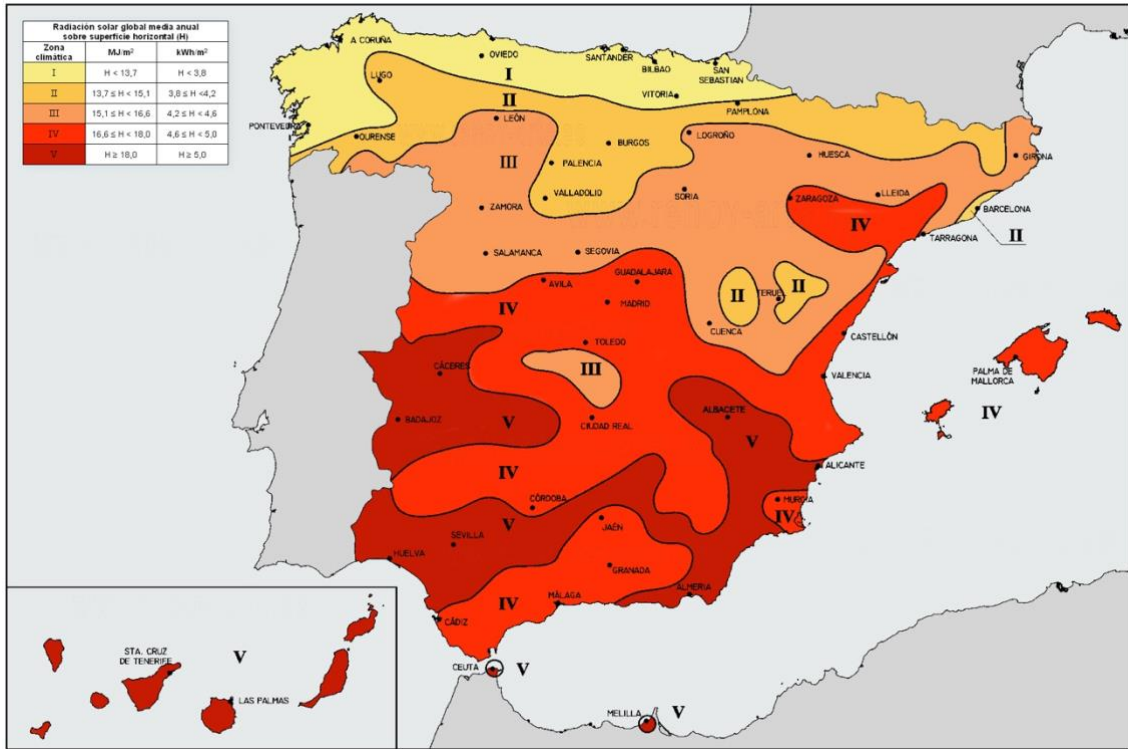


Ilustración 1: Mapa de la radiación solar global media anual en la superficie española. Fuente: CTE (Código Técnico de la edificación) – EFIMARKET

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Tabla 1: Radiación solar global media anual. Fuente: CTE (Código Técnico de la edificación) – EFIMARKET

1.4.2. Componentes de una instalación fotovoltaica:

1.4.2.1. Módulos

Son los paneles solares en cuestión, los encargados de transformar la radiación en una corriente eléctrica. Desempeñan una función clave en la instalación. Están compuestos por los diodos semiconductores (células de silicio) encapsulados que crean la diferencia de potencial que da lugar a la corriente. Están estratégicamente conectados entre sí, ya sea en serie o paralelo según se quiera aumentar la tensión, o la corriente suministrada.

Según las células (suelen ser entre 60 y 72 por panel) que incorporen, nos encontramos con tres tipos de paneles:

- Células monocristalinas: formadas por un cristal de silicio.
Rendimiento: 16% - 20%. Hay módulos monocristalinos con cristales de alta pureza que logran alcanzar rendimientos de hasta el 22%
- Células policristalinas: conjunto de cristales de silicio, menos fases de cristalización. Rendimiento: 15% - 18%
- Células amorfas: silicio sin cristalizar, más barato y menos eficiente.
Rendimientos inferiores al 10%. Se descartan para el proyecto, están en desuso.

1.4.2.2. Estructuras soporte

A la hora de elegir la estructura que va a soportar los módulos se deben tener en cuenta los siguientes factores: inclinación que va a tener la placa, posibles corrientes de viento y la necesidad de lastrar para prevenir el efecto vela, y la superficie sobre la que se va a instalar (si es un tejado inclinado u horizontal, y el material que puede ser de teja, pizarra, etc.)

En el caso bajo estudio se trata de una cubierta de un garaje cuasi horizontal (tiene una pendiente muy leve para evacuación de lluvias) conformada por paneles sándwich de poliuretano y chapa.

1.4.2.3. Baterías

Se instalan con el objetivo de homogeneizar los ciclos alternos de día y noche y conseguir una potencia más estable. Son un componente indispensable en sistemas aislados de la red. Están definidas por su capacidad de almacenamiento. Acumulan energía durante las horas de sol, para aportarla en su ausencia. Tipos:

- Baterías de plomo ácido abierto: 300 ciclos de carga, menos de un año.

- Baterías AGM: 500 ciclos, tampoco son interesantes.
- Baterías de gel: 1200 ciclos, consumos bajos.
- Baterías solares estacionarias: 3000 ciclos de carga, útiles en viviendas grandes.
- Baterías de litio: 6000 ciclos casi plenos de carga y descarga, alternativa más prometedora en caso de incorporar baterías.

1.4.2.4. Inversores

El inversor es el dispositivo electrónico cuya labor es convertir la corriente continua generada por los semiconductores en corriente alterna, apta para el consumo doméstico. El parámetro principal a tener en cuenta es la potencia de la instalación, y que cuente con buenos sistemas de seguridad.

Los inversores también optimizan el rendimiento de la instalación, y pueden ser trifásicos o monofásicos (lo más común en instalaciones a nivel particular).

Los más utilizados par consumo residencial son:

- Inversores string (en cadena): inversor centralizado conectado a todos los paneles en serie. El principal inconveniente es que produce la energía que produzca el panel menos eficiente de la instalación.
- Microinversores: inversores distribuidos, uno por cada panel. Son los de desarrollo más reciente al igual que los más eficientes, y caros.
- Optimizadores de potencia: combinación de las dos anteriores, algo más económica que los microinversores. Hay un optimizador por panel, que regula la tensión y todos mandan la corriente a un inversor centralizado donde se produce la transformación DC-AC.
- Módulos inteligentes: paneles que integran los microinversores u optimizadores, reduciendo así los costes y tiempos de instalación.

1.4.2.5. Reguladores de carga

Son los encargados de controlar los niveles de tensión e intensidad de carga de la batería.

Evitan los funcionamientos extremos de la batería: que no se produzcan ni sobrecargas ni demasiadas descargas, ya que afectan a la vida útil de la batería, que ronda los diez años y es importante tener en cuenta. Se instalan previamente a la batería.

1.4.3. Tecnología fotovoltaica en España

Dentro del panorama de la generación eléctrica peninsular, con más de 15 GW de potencia instalada, la energía solar fotovoltaica tiene un peso considerable. Compone alrededor del 10% de la energía que se genera en el mix español.

La geografía española presenta un panorama favorable para el desarrollo de esta tecnología, con abundantes horas de sol y niveles altos de radiación como se mostraba en la Ilustración 1: Mapa de la radiación solar global media anual en la superficie española.

1.5. Marco regulatorio

Se va a observar en detalle la reglamentación que más incumbe a el proyecto en cuestión, resumiendo a continuación lo más relevante de las Leyes y Reales Decretos pertinentes:

En el Artículo 9 de la Ley 24/2013 se introduce el concepto de autoconsumo como “el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos.”

En dicho artículo se definen las dos siguientes modalidades, que se introdujeron en el epígrafe 1.3. Autoconsumo basado en energías renovables.

- Suministro con autoconsumo con excedentes: “Cuando las instalaciones de generación puedan, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos existirán dos tipos de sujetos de los previstos en el artículo 6, el sujeto consumidor y el productor.”
- Suministro con autoconsumo sin excedentes: “Cuando los dispositivos físicos instalados impidan la inyección alguna de energía excedentaria a la red de transporte o distribución. En este caso existirá un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.”

Las instalaciones de autoconsumo irán conectadas a la red de baja tensión y nunca superarán los 100 kW de potencia (la potencia de la instalación queda definida por la potencia máxima

del inversor), estando así exentas de inscribirse en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica.

En el Real Decreto-Ley 15/2018 (en el que se derogan muchos puntos del Real Decreto-Ley 900/2015) se exponen medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores

Por último, en el Real Decreto 244/2019 se establecen las condiciones técnicas, administrativas y económicas para las modalidades definidas en 2013 (Artículo 9) y se profundiza en el ámbito de los excedentes, déficits y compensación económica, de gran interés para este proyecto con un importante enfoque económico.

Esta legislación no afecta a instalaciones aisladas, por carecer de conexión a la red eléctrica. Adicionalmente en este decreto y como actualización de 2013 se añade la consideración de instalación de producción para aquellas que aún estando por debajo de los 100 kW de potencia, tengan modalidades de autoconsumo y suministro de energía excedentaria a la red. Este proyecto queda enmarcado en dicha legislación, ya que como se ha comentado previamente, se va a focalizar en dicha modalidad de autoconsumo.

Se define instalación de producción como “instalación encargada de la producción de energía eléctrica a partir de una fuente de energía primaria (instalación de generación) inscrita en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica del Ministerio para la Transición Ecológica, donde se reflejarán las condiciones de dicha instalación, en especial, su respectiva potencia” de acuerdo con el Real Decreto 244/2019. Este proyecto está eximido de esta última parte de registro.

Se diferencia entre autoconsumo excedentario acogido a compensación (inyecta a la red) y sin compensación. Para suscribirse a compensación (voluntariamente) se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Fuente de origen renovable
- Potencia total inferior a 100 kW
- Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora
- Exista un contrato con compensación entre consumidor y productor
- La instalación no cuente con ningún régimen retributivo específico o adicional

Por último, se define energía excedentaria como: “energía eléctrica neta horaria generada por las instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a las mismas y no autoconsumida por los consumidores asociados; y para el cálculo de esta se utilizará el registro de energía saliente del equipo de medida ubicado en el correspondiente punto frontera. En caso de no existir equipo de medida en el punto frontera, esta energía se calculará mediante la diferencia entre la energía horaria neta generada y la energía horaria autoconsumida por el consumidor asociado. En todo caso se considerará cero cuando el valor sea negativo”.

Se destaca que, en todo momento, el autoconsumo considerado en este proyecto es individual y nunca colectivo.

2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

2.1. Emplazamiento

El emplazamiento elegido ha sido el techo de un garaje que podemos ver bosquejado en perspectiva cónica en la Ilustración 2. A continuación, se puede ver el techo en cuestión, en una perspectiva desde arriba.

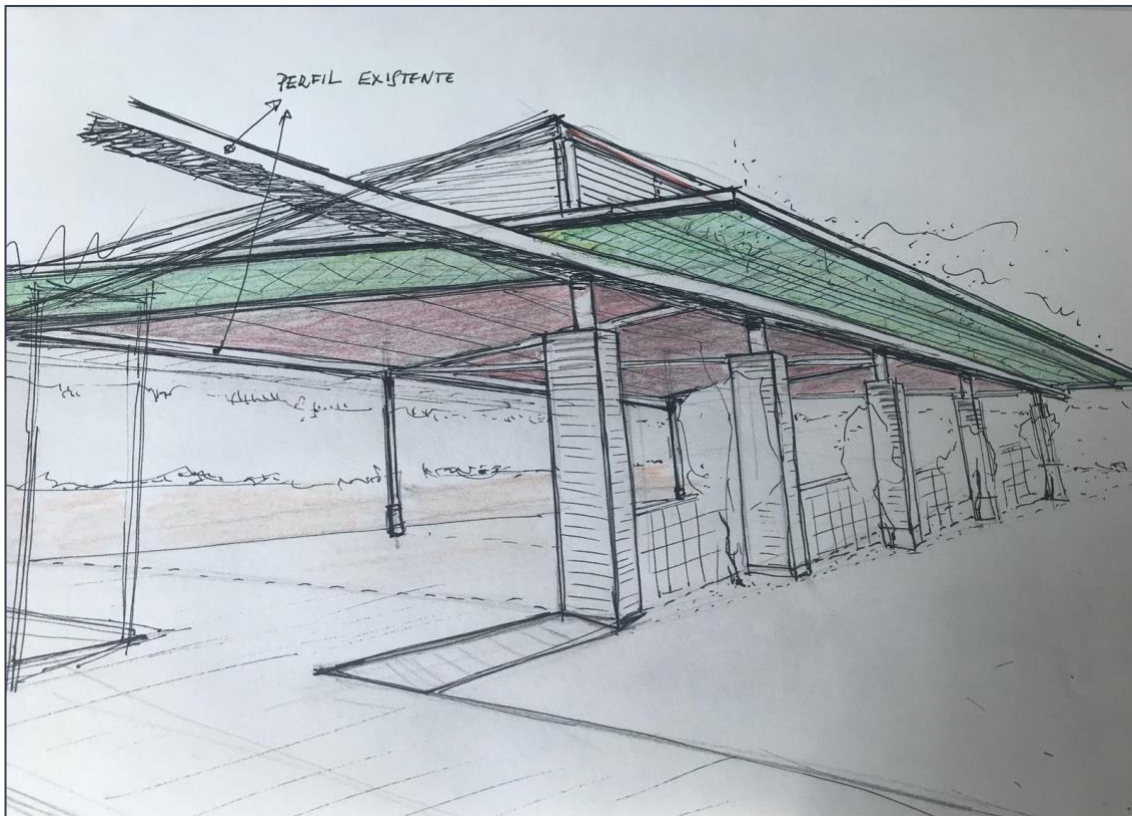


Ilustración 2: Boceto del garaje. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la superficie vertical está en un cierto ángulo con la horizontal. Esto se debe tener en cuenta a la hora de calcular los ángulos de los paneles, porque ayuda ya que el ángulo que se tiene ahora va a favor del rendimiento óptimo de los paneles. El lado más alto de la cubierta mira al Norte.



Ilustración 3: Perspectiva de la cubierta del garaje. Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Ubicación y características

Se ha seleccionado este garaje en lugar del techo de la vivienda por formar cero grados con el azimut, siendo así el emplazamiento ideal para maximizar el rendimiento de las placas en esa cuestión. Igualmente se maximiza el rendimiento de la superficie, pudiendo colocar más placas ya que los lados de los paneles irían en paralelo con los de la cubierta.

La vivienda en cuestión se localiza en El Puerto de Santa María, Cádiz. Es una provincia muy agradecida ya que cuenta con más de 3300 horas de luz al año, un paraíso para las renovables en España.

2.1.2. Datos meteorológicos

A través de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) se han obtenido los datos de la estación meteorológica mas cercana al emplazamiento de la vivienda para la radiación del último año, situada en El Poblado de Doña Blanca y se han graficado a continuación utilizando Excel en la Ilustración 4:

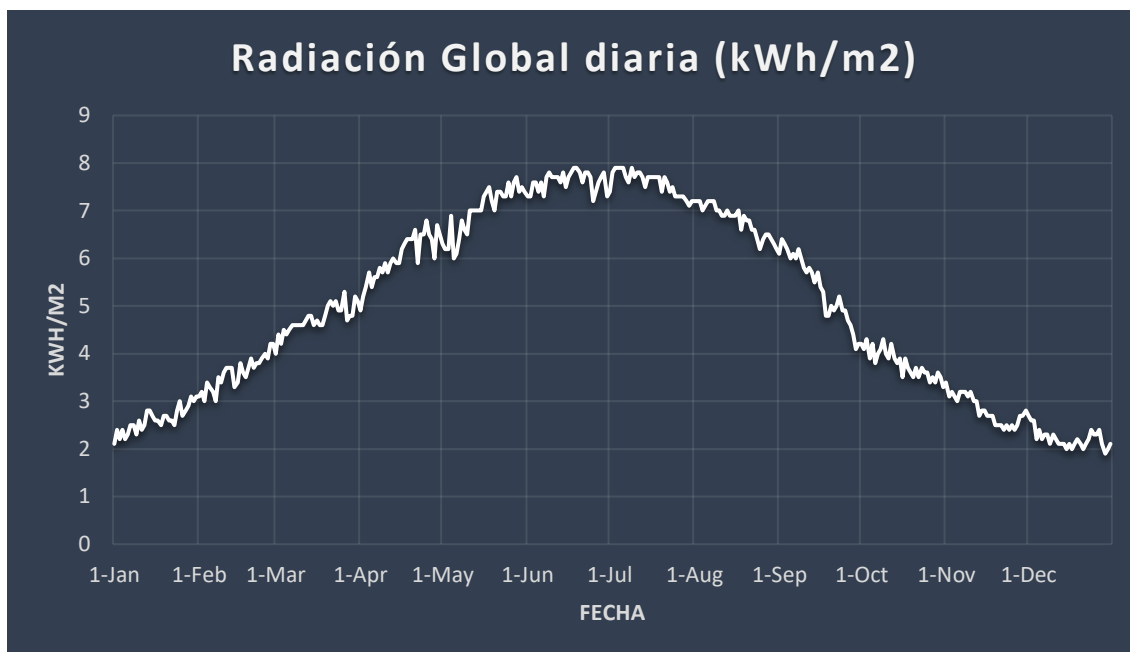


Ilustración 4: Radiación global diaria en El Puerto de Santa María. Fuente AEMet, elaboración propia

Se puede observar en la ilustración que se oscila entre unos valores cercanos a 8 kWh/m² en verano frente a 2 kWh/m² en los meses de invierno

Por otra parte, utilizando el software PVSyst, un programa de cálculo y diseño de instalaciones fotovoltaicas que se comentará en profundidad más adelante, en el apartado de cálculos de la instalación, se han obtenido los datos climatológicos promediados por mes entre los años 1996 y 2015 para las coordenadas exactas de la vivienda. Los datos en formato CSV de la fuente Meteonorm 8.0 tratados con Excel se aprecian en la Tabla 2:

Valores	GlobH	DiffH	Temp	Vel Viento
Mes	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	ms
Enero	76.9	31.1	10.5	3.50
Febrero	99.8	38.8	11.4	3.90
Marzo	145.1	60.0	14.1	4.39
Abril	182.5	63.3	16.0	4.40
Mayo	218.6	76.9	19.4	4.20
Junio	231.5	71.6	22.4	4.09
Julio	234.6	66.7	24.8	3.80
Agosto	210.4	68.3	25.5	3.69
Septiembre	159.6	54.9	22.7	3.50
Octubre	124.2	47.0	19.8	3.50
Noviembre	87.9	30.1	14.2	3.59
Diciembre	69.6	29.7	11.7	3.60
Anual	1840.7	638.4	17.7	3.85

Tabla 2: Datos meteorológicos promedio de la ubicación. Fuente Meteonorm 8.0

Se puede observar cómo si se suman por meses los datos diarios de la primera fuente el resultado queda en el rango de los promedios de la segunda, se verifica el contraste.

2.2. Demanda energética y ahorro buscado

En el ANEXO J. Facturas de la luz (original y ajustada) se adjunta una tabla con la recopilación de las facturas (se factura aproximadamente cada dos meses) de la vivienda desde septiembre de 2018 a enero de 2022, con información detallada sobre consumos, facturación y datos similares. El dato más interesante que se obtiene es el de la energía consumida promediada anualmente: 11.616 MWh.

A continuación, se muestra la gráfica de los consumos anuales, se aprecian las tres crestas de los tres veranos. Es más pronunciado el incremento de consumo en verano frente a invierno por ser una ubicación del Sur de España, donde por norma general hay un clima más cálido y se requiere más de aire acondicionado que de calefacción, además de consumos extraordinarios de verano como la depuradora de la piscina o el riego (mucho más frecuente en verano) del jardín.

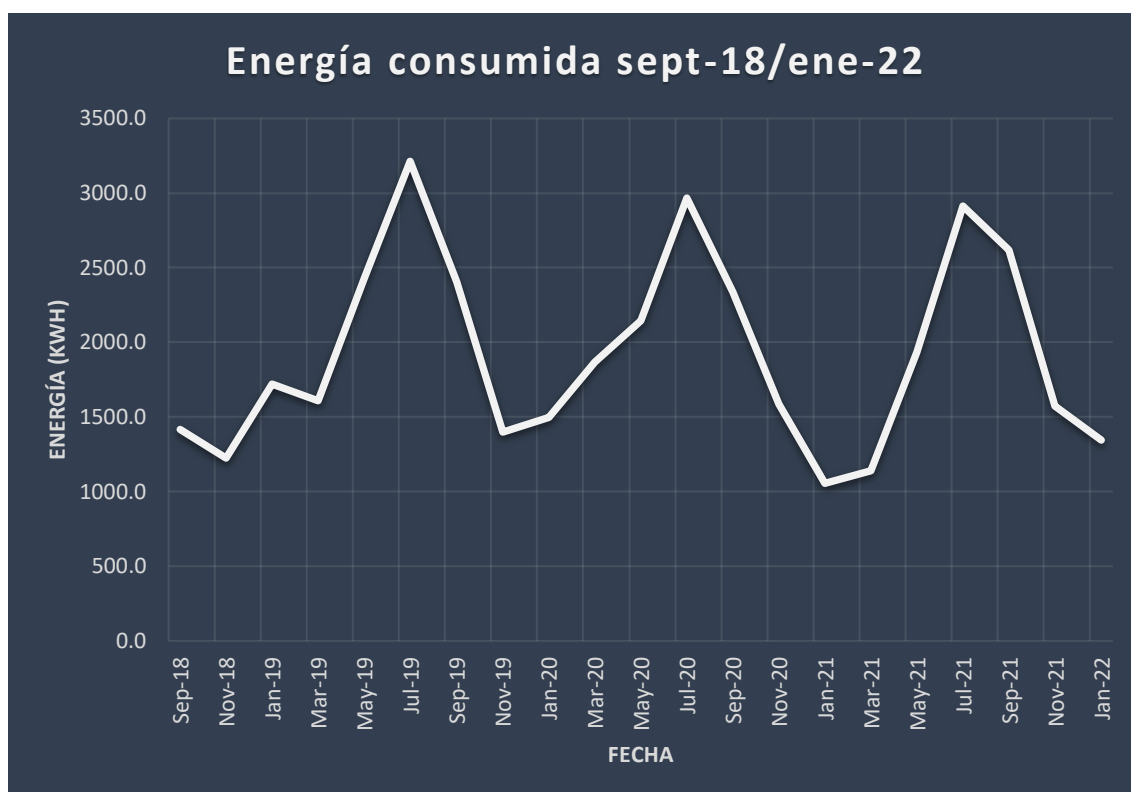


Ilustración 5: Consumo periódico bimensual de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

También es interesante contrastar ese dato de energía consumida al año con el del apartado 2.1.2. Datos meteorológicos de 1840.7 kWh que inciden por metro cuadrado en la ubicación. Realizando un simple cálculo y asumiendo una potencia incidente solar media de 1000 W/m² se puede estimar un valor inicial de la potencia pico que va a requerir la instalación:

$$Potencia\ fotovoltaica = \frac{11616 \times 1000}{1850.7} = 6276.5\ W_p$$

2.3. Elección de los módulos fotovoltaicos

El tiempo es una variable importante a la hora de la elección de un panel solar. Cada año, son mejores los paneles en el mercado, con rendimientos más altos y menores costes de producción. Es interesante fijarse en los modelos más recientes.

Sin embargo, la variable determinista va a ser el precio, ya que el objetivo final de este proyecto es la optimización económica.

Se ha realizado una búsqueda por distintos distribuidores, tratando de conseguir los mejores precios para las marcas más atractivas en relación calidad precio y se han recabado los siguientes datos:

Marca	Modelo	€/Wp	Wp	Eficiencia	Superficie	Coste
SOLAREEDGE	SPV375-R60DWMG	0,853	375	20,59%	1,822	320,0 €
SunPower	MAXEON3 400 WP	0,985	400	22,63%	1,768	394,0 €
Canadian Solar	Hiku Mono PERC	0,496	450	20,40%	2,209	223,0 €
TRINA SOLAR	Tallmax M-PERC	0,492	450	20,58%	2,186	221,2 €
JA Solar	JAM60S20 380W	0,476	380	20,34%	1,868	180,8 €
JINKO	Mono PERC HC 60M	0,468	335	20,15%	1,687	159,0 €

Tabla 3: Mejores alternativas de paneles por fabricante. Fuente: elaboración propia

Realizando un simple coeficiente de precio en función de la potencia se pueden comparar productos fácilmente. La mejor opción resulta ser el fabricante chino Jinko Solar, con su panel Cheetah HC 60M de 335Wp, cuya ficha se adjunta en el ANEXO B. Ficha técnica paneles fotovoltaicos. Proveedor: Suministrosdelsol.

El modelo elegido es un modelo de reciente creación, pero sin recurrir a unos paneles de último modelo en los que por ganar una pequeña eficiencia incrementa el precio considerablemente, que no sería óptimo desde el punto de vista económico del proyecto.

Valores importantes a tener en cuenta del módulo monocristalino de cara a los cálculos:

$$I_{sc} = 10.36 \text{ A} \quad V_{oc} = 41.5 \text{ V}$$

$$I_{mpp} = 9.87 \text{ A} \quad V_{mpp} = 34 \text{ V}$$

2.4. Cálculos de la instalación con la ayuda de PVsyst

En este apartado fundamental del proyecto, se va a recurrir a la herramienta PVsyst. Este software fotovoltaico permite estudiar, simular y analizar datos en sistemas fotovoltaicos. Es de gran ayuda a la hora de dimensionar el tamaño de las instalaciones.

En primer lugar, de cara a determinar la radiación incidente que va a recibir la instalación es preciso obtener los datos meteorológicos de la zona. Introduciendo las coordenadas exactas de la vivienda, el software obtiene los datos a través de Meteonorm 8.0 como se muestra en la Tabla 2.

Esta información de energía incidente debe ser ahora contrastada con los consumos de la vivienda. La opción predeterminada que ofrece PVsyst es estimar el consumo con una lista de los electrodomésticos, luces y demás aparatos con un consumo eléctrico para dar un valor aproximado, pero en este proyecto se busca la precisión. Para ello, se recurre a una aplicación de la distribuidora (en este caso Endesa Distribución) que permite conocer los consumos horarios en detallados de la vivienda, e importarla a PVsyst como una alternativa mucho más precisa de simulación de consumo.

La base de datos de e-distribución se remonta hasta mediados de 2020 y PVsyst admite curvas de consumo completas de un año. Por tanto, se exporta toda la información del año 2021 completo a un libro Excel para dar formato a la información, ya que aparecen dos inconvenientes: la aplicación de e-distribución no permite exportar ficheros de más de 60 días, se deben juntar en un único fichero y lo más tedioso, que PVsyst solo permite importar archivos .csv en un formato definido con una distribución específica de fecha y hora en la misma columna, seguida de los datos de energía, que no coincide con el de exportación de e-distribución. Se tuvieron que concatenar dos columnas con formatos de celda complejos de fecha y hora en conjunto. Tras algunas fórmulas de Excel enfocadas al tratamiento de datos, se consigue dar el formato adecuado a los 8760 datos de energía por hora (365 días, 24 horas al día).

Tratados estos datos en PVsyst arrojan un valor de consumo anual de 12.035 MWh al año, que no difieren en cantidades preocupantes de la media anual de las facturas que se expone en el apartado 2.2. Demanda energética y ahorro buscado (11.616 MWh/año).

2.4.2. Distribución de los módulos

La superficie disponible para la instalación es de 48.6 m² con 10.8m de largo por 4.5m de ancho. Se dispone de dos alternativas, colocar los paneles en vertical o en horizontal con el objetivo de maximizar todo el área disponible. Se realizan los siguientes cálculos teniendo en cuenta las dimensiones de los módulos elegidos (1.684 x 1.002 m).

Si se colocan los módulos verticalmente (tomando como base el largo de la superficie del garaje, como se muestra en la Ilustración 6), caben 10 módulos a lo largo y dos módulos a lo ancho, totalizando en 20 paneles.

Por otro lado, colocando los módulos en horizontal (Ilustración 7) se pueden unir 6 longitudinalmente por 4 a lo ancho, haciendo un total de 24 paneles. Claramente esta es la configuración espacial que optimiza la superficie del techo del garaje.

Sin embargo, 24 módulos serían más de 8 kW_p de potencia instalada, algo un tanto excesivo para los consumos de la vivienda. Además, colocando los paneles tan juntos es probable que para determinadas horas del día se causen sombras a sí mismos y se pierda eficiencia. La solución más económica es colocar 20 en posición vertical, como se muestra a continuación y totalizando una potencia instalada de 6.7 kW_p más acorde (teniendo en cuenta posibles pérdidas) con el valor calculado de 6.2kW en el apartado 2.2. Demanda energética y ahorro buscado.

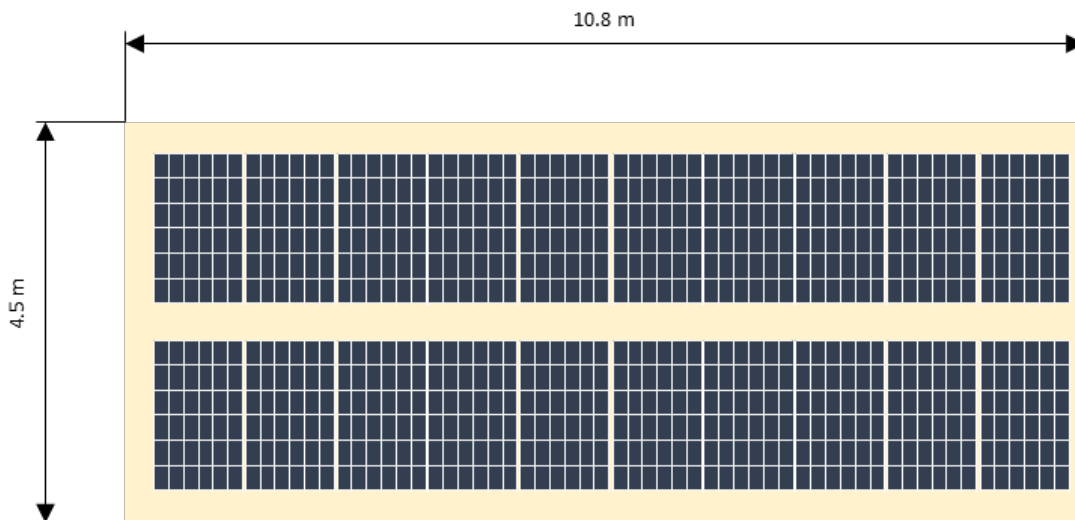


Ilustración 6: Configuración vertical de los paneles. Fuente: elaboración propia.

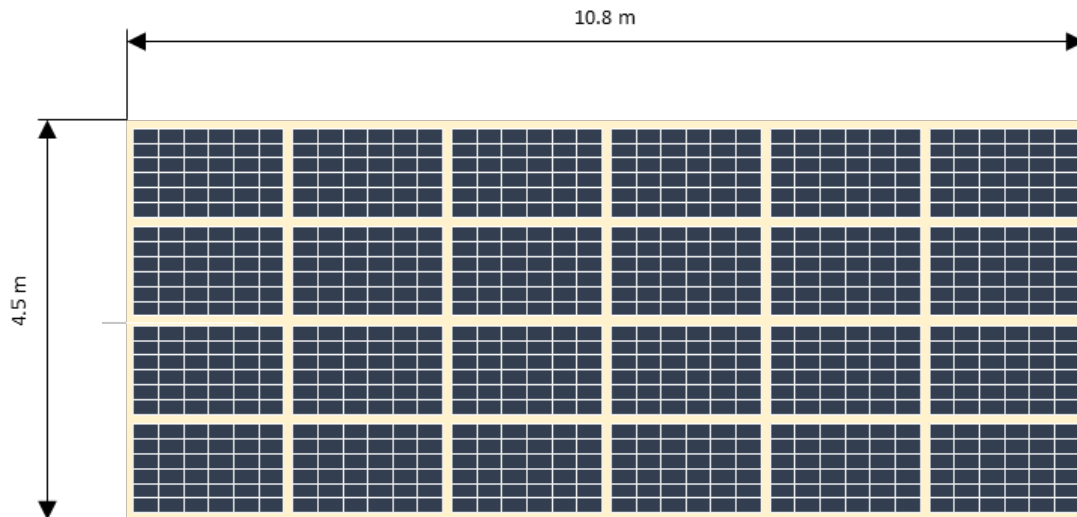


Ilustración 7: Configuración horizontal de los paneles. Fuente: elaboración propia.

En esta última configuración las hileras horizontales de paneles están demasiado juntas. Además, es importante dejar unos 60 cm de espacio entre las dos hileras de paneles para el acceso del técnico de montaje y para el mantenimiento. Esto sólo puede realizarse en la configuración vertical, donde hay ancho suficiente.

Aquí se puede ver un recorte de los planos de los módulos seleccionados:

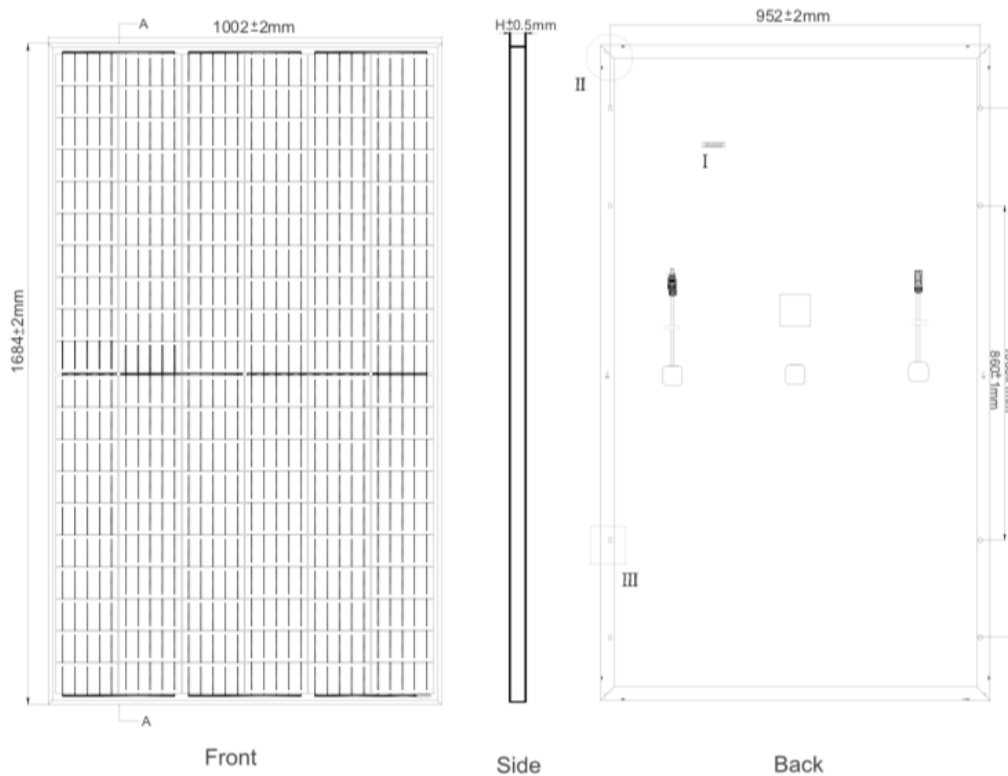


Ilustración 8: Planos módulos fotovoltaicos. Fuente: ficha técnica Jinko Solar (Anexo)

2.4.3. Elección del inversor y configuración eléctrica de la instalación

La potencia fotovoltaica instalada total sumando los 20 módulos de 335 W_p es de 6.7 kW_p. Teniendo en cuenta un factor de proporción de entre 1.15 y 1.25 recomendado por los fabricantes, el inversor ideal para la instalación resulta ser uno de 6 kW, cumpliendo una proporción idónea de 1.12 veces la potencia fotovoltaica frente a la del inversor.

A continuación, se muestran los productos viables de los principales fabricantes del mercado:

Marca	Modelo	Potencia	Precio	€/kW
Solis	S5-GR1P 6K	6000	801,24 €	133,5
Huawei	SUN2000L1-6KTL	6000	1.308,09 €	218,0
SAJ	R5-6K	5000	690,00 €	138,0
SolaX Power	X1-BOOST-6.0T	6000	695,00 €	115,8
Fronius	Primo 6.0-1	6000	1.740,00 €	290,0
ABB	UNO DM 6.0 TL-PLUS	6000	1.251,48 €	208,6

Tabla 4: Comparativa de inversores más utilizados. Fuente: elaboración propia.

Siguiendo el criterio de optimización económica por el que se rige todo este proyecto, la elección es el inversor X1-BOOST-6.0T del fabricante SolaX Power, proveedor SolaX Power Spain y precio 695.00 €.

En el ANEXO C. Ficha técnica inversor se adjunta su ficha técnica. Igualmente, las características que más nos interesan a la hora de diseñar la instalación son las siguientes:

- $V_{\max} = 600 \text{ V}$
- Rango $V_{\text{mppt}} = 90 - 550 \text{ V}$
- $I_{\max} = 14 \text{ A}$ por MPPT
- 2 MPPT

El diseño idóneo es de dos cadenas, una por MPPT de 10 módulos en serie cada una. Así la tensión en serie es de 340 V y queda dentro del rango del inversor, y muy próxima a su tensión nominal de funcionamiento (360 V). De esta manera se aprovecha la disponibilidad de los dos entradas MPPT independientes y se puede optimizar más el rendimiento en caso de anomalías (aun que esta función suele ser más útil en tejados a dos aguas) y sin sobrepasar la corriente por entrada de 14 A, ya que la corriente por módulo son 10 A.

2.4.4. Estructuras de soportes

Para optimizar la producción anual, el ángulo óptimo para instalaciones en la ubicación seleccionada es de 33° con la horizontal, como se muestra en la Ilustración 9.

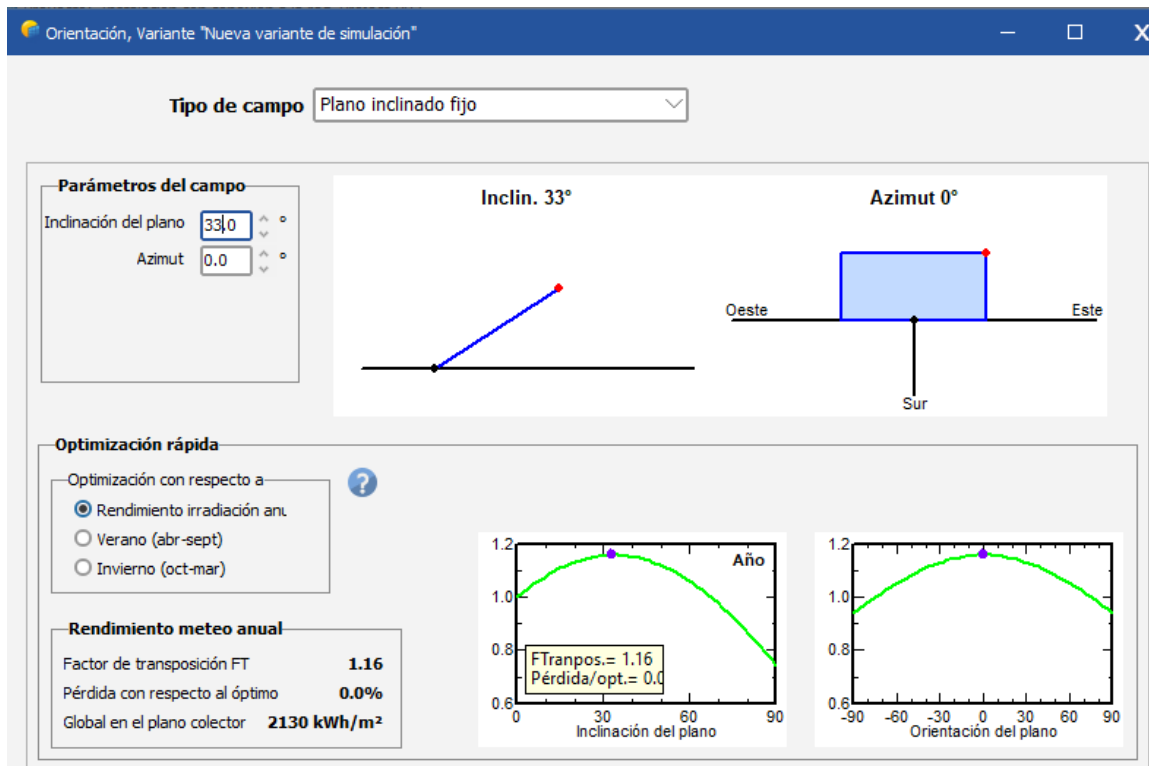


Ilustración 9: Optimización del ángulo de los paneles. Fuente: estudio de PVsyst, elaboración propia.

Entonces, el ángulo que deben formar los paneles es de 33°, pero como se ha comentado previamente en el apartado 2.1.1. Ubicación y características, la estructura base ya forma un cierto ángulo con la horizontal (que contribuye positivamente a esos 33°). Se han realizado mediciones, y el lado superior se eleva 25 cm. Con este dato y el del otro cateto, que mide 4.5 m se puede averiguar el ángulo:

$$\text{Ángulo} = \arctan\left(\frac{0.25}{4.5}\right) = 3.17^\circ$$

Finalmente, el ángulo que van a tener que aportar los soportes es de unos 30°.

Se van a elegir unos soportes con el mínimo impacto visual posible. Ha sido difícil encontrar un soporte para 10 paneles con un precio adecuado. La alternativa más atractiva económicamente encontrada ha sido un sistema modular de soportes triangulares que se compra por piezas, pudiendo así optimizar la estructura y personalizar a gusto. El proveedor es Suministros del Sol: ANEXO I. Hoja de montaje soporte triangular.

Los siguientes cálculos están basados en una sola fila de paneles, al final se multiplica todo por dos:

El fabricante recomienda dejar 130 cm entre cada anclaje triangular a la superficie. Con 9 triángulos se cubren 8 espacios de 1.3 m, resultando en 10.4 m. Ésta es la cantidad que utilizar teniendo en cuenta que el largo de la superficie es de 10.8 m, y el fabricante recomienda dejar unos 0.2 m por cada lado hasta el extremo. Es perfecto.

Apoyadas sobre los triángulos van dos filas de 5 guías de 225 cm de longitud cada una, unidas mediante 4 empalmes por fila. Longitud de la guía: 11.25 m, de sobra para situar los 10 paneles de poco más de un metro de ancho, con un cierto margen para los “Clamps” o anclajes de los paneles a las guías, que no tienen más de 4 cm de espesor.

El resto de las piezas necesarias de montaje como tornillos, tuercas, arandelas y similares vienen incluidas en las piezas que lo requieran, lo único que se necesita es una llave Allen de 6 mm y una llave fija del nº13, de las que se dispone en la vivienda en caso de que no se vaya a contratar a nadie externo, que para el montaje físico es lo que se va a hacer, con el objetivo de reducir gastos. Para el montaje eléctrico sí, como exige el Real Decreto.

Esta tabla muestra un desglose del coste y las piezas necesarias para montar el soporte de cada hilera de paneles solares, dos en el caso de esta instalación:

Pieza	Unidades	Precio/Ud.	Precio total
Triángulo aluminio 30º	9	27,18 €	244,62 €
Grapa Guía para Triángulo	18	2,01 €	36,18 €
End-Clamp	4	2,01 €	8,04 €
Inter Clamp	18	2,01 €	36,18 €
Guía Pro Standard 225 cm	10	28,64 €	286,40 €
Empalme Guía Pro Standard	8	1,95 €	15,60 €
Coste total por hilera de paneles:			627,02 €

Tabla 5: Desglose costes estructuras soporte. Fuente: elaboración propia.

Es decir, que las dos hileras de estructuras soporte van a incurrir en un gasto de 1254.04€, o 67.70€ por panel, que es un gasto bastante optimizado con este sistema modular, si se compara con los costes de mercado de estructura por panel. Para paneles individuales, rondan los 100€.

2.5. Producción estimada

Tras la simulación de PVsyst, cuyo informe se adjunta en el ANEXO A, se obtiene un resultado de producción anual de 12.09 MWh o unos 33 kWh al día, con una producción específica de 1804 kWh/kW_p anual. Es un valor dentro del rango esperado, e interesante de contrastar con el consumo anual de la vivienda de acuerdo con la simulación de 12.04 MWh.

A continuación, se puede observar la producción normalizada por unidad de potencia fotovoltaica instalada (rojo), con sus correspondientes pérdidas en los paneles (morado) y en el inversor y resto del sistema (verde).

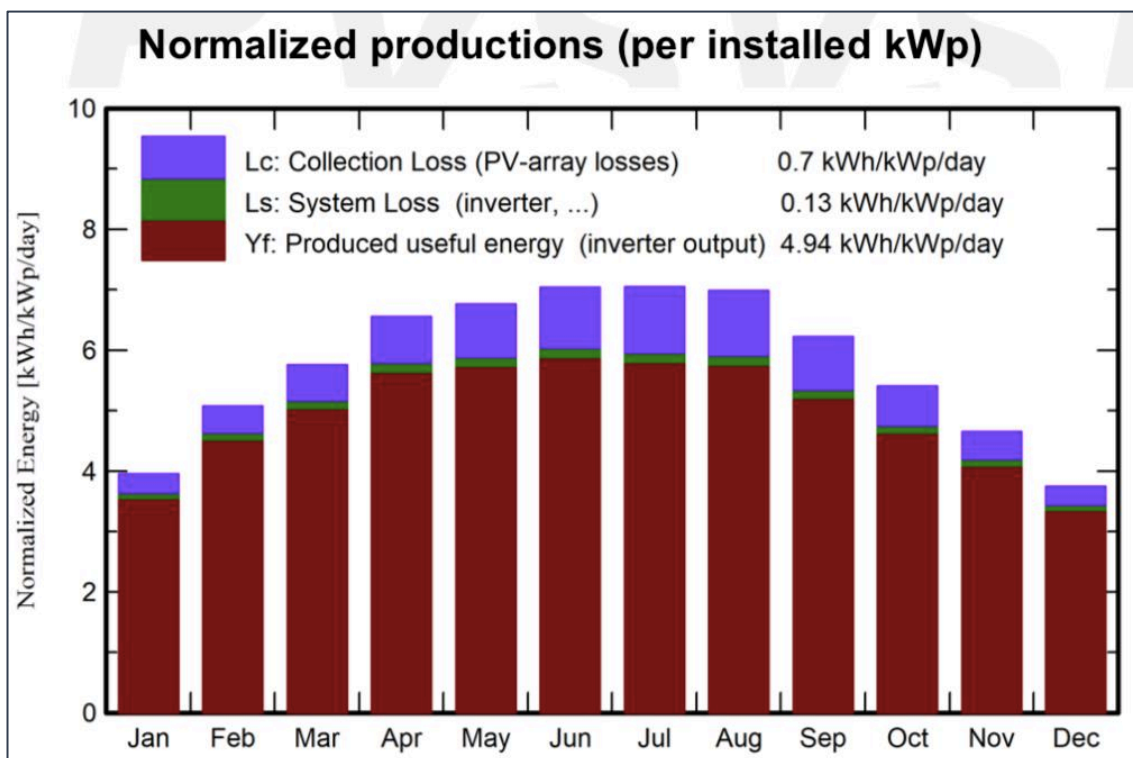


Ilustración 10: Producción normalizada, por kWp instalado. Fuente elaboración propia con PVsyst.

Es un valor dentro del rango esperado, e interesante de contrastar con el consumo anual de la vivienda de acuerdo con la simulación de 12.04 MWh. Se produce un poco más de lo que se consume, aun que en numerosas ocasiones se vierte a la red y viceversa, esta es la cifra neta. Ahora lo interesante es tratar de optimizar esos flujos de energía con la red a través de las tarifas contratadas con el proveedor, como se hará más adelante en el apartado de análisis económico.

Hay que destacar que estos valores son solo una simulación, y que pueden diferir de la realidad, puede que un año se consuma más, o que la radiación solar sea menor.

2.6. Pérdidas

Ya se han observado grosso modo las pérdidas en la gráfica del apartado anterior, pero a continuación se muestra un diagrama de pérdidas del tipo Sankey con mucho más detalle:

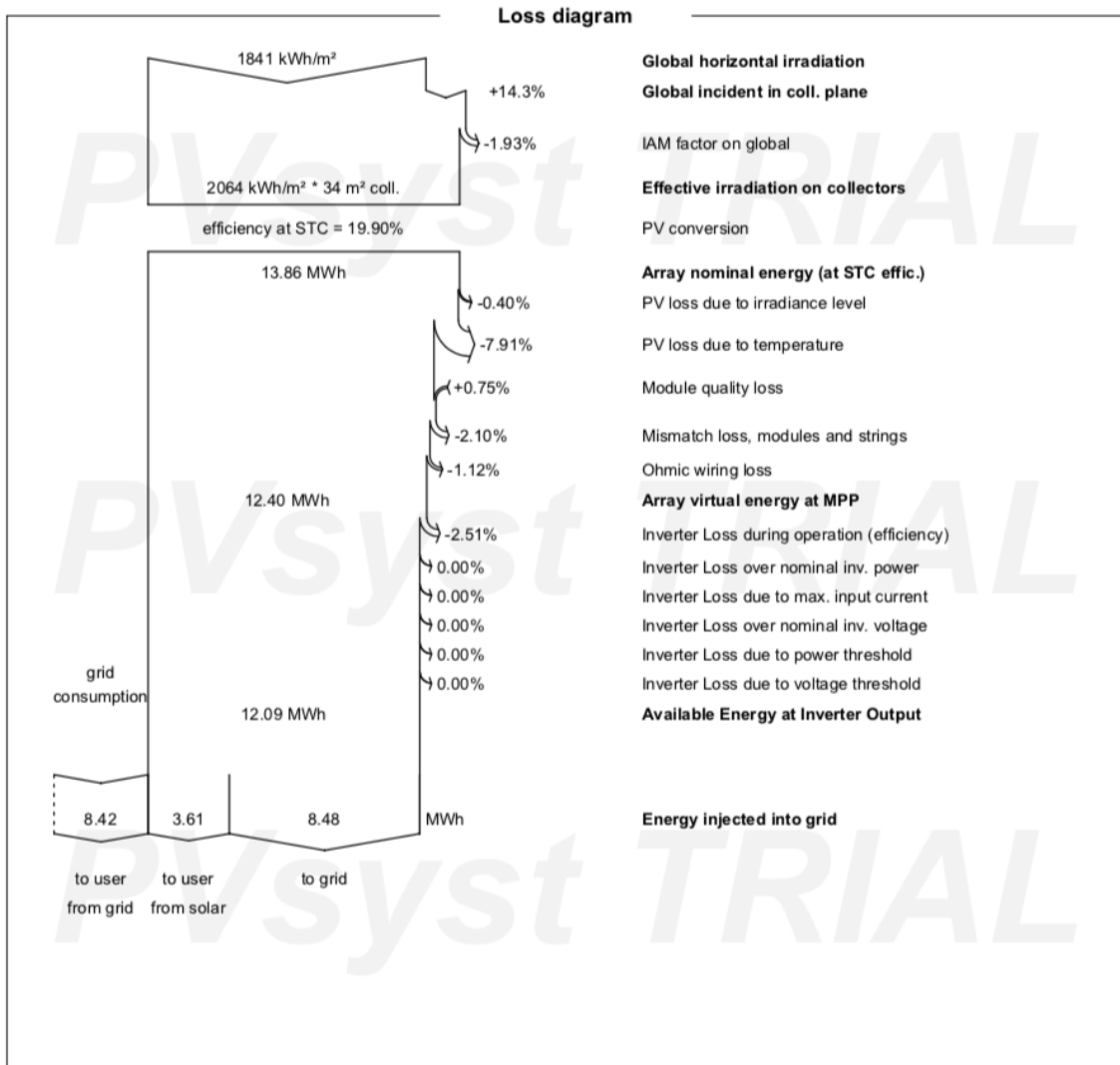


Ilustración 11: Diagrama de pérdidas. Fuente PVsyst, elaboración propia.

2.7. Conexión a la red eléctrica. Vatímetro.

El vatímetro es un elemento indispensable en instalaciones fotovoltaicas con conexión a la red. Indica el valor energético que requiere el consumo en cada instante, y se lo indica al inversor, que hace las veces de “cerebro” de la instalación y gestiona la producción de los paneles. También, mide el balance del intercambio de energía con la red.

El vatímetro recomendado por el fabricante del inversor es el Smart Power Sensor DDSU666-H de la marca Huawei y tiene un precio de 102.84 € a través del mismo proveedor del inversor, Solax Power Spain. Ficha técnica en el ANEXO K. Ficha técnica vatímetro.

El vatímetro se comunica con el inversor mediante el puerto RS485 e incluye 1 Transformador CT 100A/40mA, con cable de 6 metros de longitud y 10 metros de cable RS485.

En la siguiente ilustración se puede ver el esquema eléctrico de la instalación. El vatímetro va situado en la entrada de la red para comunicarse con inversor y ambas conexiones se solapan para entrar a la vivienda. El vatímetro envía información con las necesidades de consumo al inversor por un cable de comunicaciones (RS485).

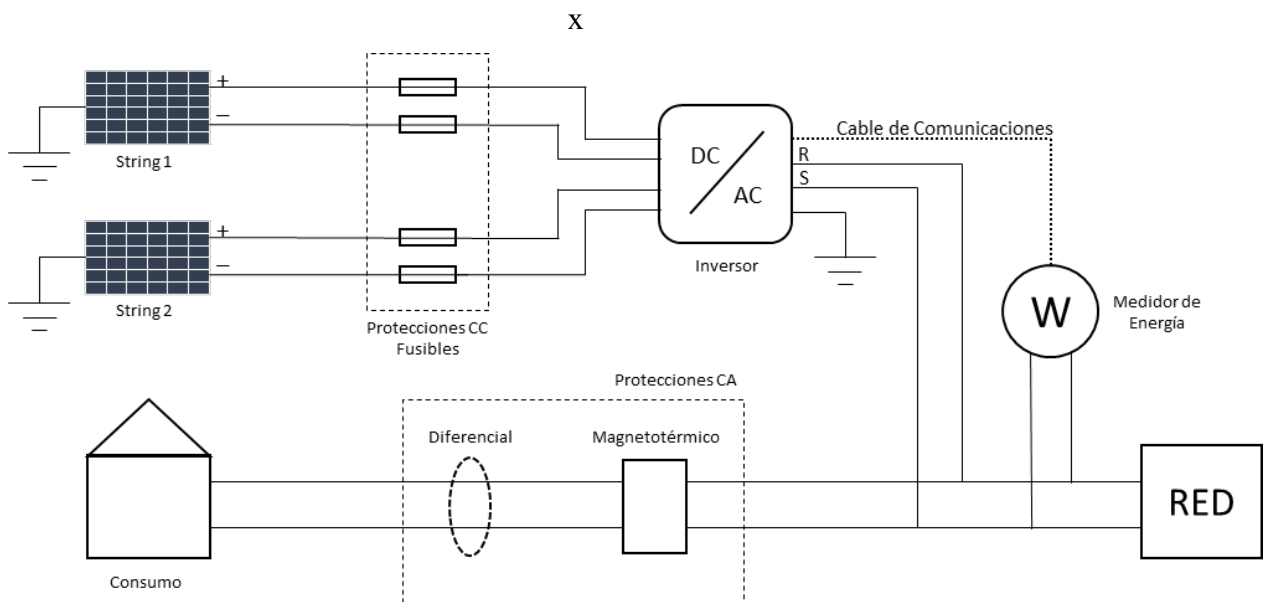


Ilustración 12: Esquema de la instalación. Fuente: elaboración propia

El vatímetro seleccionado es de medición indirecta, es decir, que realmente no va conectado entre las líneas de alimentación de red y la carga (directa), si no que mide a través de unos transformadores de corriente CTs 100 A / 40 mA.

2.8. Cableado y elementos de protección

En la Ilustración 12 anterior, se pueden apreciar los dos cuadros de protecciones de intensidades continua y alterna respectivamente, así como el conexionado de a instalación, a falta del detalle de las conexiones en serie de los dos strings de 10 paneles cada uno. Se adjuntan las fichas técnicas de todos los elementos en el anexo.

2.8.1. Protecciones de corriente continua

Son los encargados de proteger a las personas y la propia instalación de los posibles peligros eléctricos. Al tener dos strings en paralelo, se requieren cuatro fusibles (positivo y negativo, dos cables por string) para evitar sobreintensidades en la parte de continua.

Sabiendo que la máxima intensidad de los paneles es de 10.36 A, se eligen unos fusibles de 15 A (un poco de margen) y 1000 V (el lado de CC está a 340 V) que tienen un coste de 4.04 €. El portafusibles 10x38 correspondiente tiene un precio de 5.77 €. Proveedor y fabricante AutoSolar.

2.8.2. Protecciones de corriente alterna

En el circuito de corriente alterna que sale del inversor hacia la vivienda se van a colocar el magnetotérmico o protección de sobreintensidad, seguido de la protección diferencial que detecta pequeñas derivaciones de corriente en la instalación.

El lado de alterna funciona a 230 V y una intensidad máxima del inversor de 28.7 A.

El magnetotérmico elegido es el SH201-C32NA Interruptor Automático - 1+NP - C - 32 A del fabricante ABB a través del distribuidor BRICOelige con un precio de 19.06 €.

La protección diferencial elegida es del fabricante Schneider Electric, producto A9R60240 Interruptor Diferencial, 2P, 40A, 30mA, Clase AC con un precio de 26.65 € mediante el distribuidor Amazon.

2.8.2. Cableado

Para la instalación de corriente continua, se va a utilizar cable unifilar de 6mm² (a 10 amperios de continua) del fabricante Top Cable (PVZZ-F rojo y negro) con un precio de 1.48€ el metro. Se van a necesitar dos bobinas de 50 m de cable cada una, una de cada color. Total: 148.00 €. Se conectan los dos strings de 10 módulos cada uno en serie, y los

cables se llevan hasta el cuadro eléctrico donde se encuentra el inversor que está a unos 4 metros de la instalación fotovoltaica por canaletas. Todo de acuerdo con el esquema que se muestra a continuación, estando el cuadro eléctrico a la izquierda.

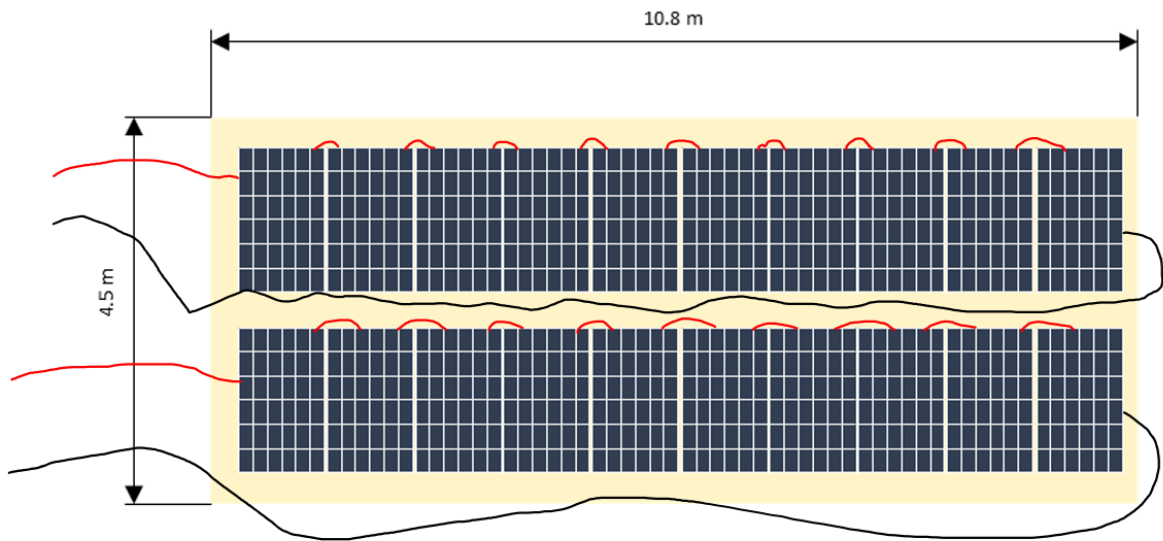


Ilustración 13: Conexión de los paneles. Fuente: elaboración propia

Para el circuito de corriente alterna, con dos metros de cada color hay de sobra, ya que se encuentra todo en la misma habitación con el cuadro eléctrico (protecciones, vatímetro, inversor, etc.). Eso sí, ahora se incrementa la sección ya que la intensidad máxima del inversor en alterna ronda los 30 amperios. Se utilizan secciones de 10 mm² esta vez, con un precio de 3.89 €/m

Los cables del conexionado de datos vatímetro inversor vienen incluidos con el vatímetro, al igual que los CTs para la medición de red.

El remate final es llevar todos los cables desde el garaje hasta el cuadro por dentro de una canaleta, por seguridad y embellecimiento. Ésta tiene un precio de 3.88 €/m, y se necesitan unos 5 metros para llegar hasta el cuadro.

También hará falta una caja de protecciones ICP, precio 6.73 €

Todo este material proviene del proveedor AutoSolar.

2.9. Puesta a tierra

Es otro mecanismo pasivo de protección, ya que desvía las posibles corrientes de falta. La estructura soporte con los módulos y el inversor deben ir conectados a tierra y el cable a utilizar es uno amarillo y verde H07V-K de 6 mm² de sección, precio 1.35 €/m distribuidor efectoLED. Bastará con unos 30 m de cable para toda la instalación. También

son necesarios terminales de ojo (25) de 6 mm con ojo de 8 mm (0.88 €) y tornillos para las puestas a tierra. Hay un lote de 50 unidades de Siemens por 5.93 €. Proveedor Automation24

2.10. Mantenimiento

Es importante de cara a mantener la producción máxima de los paneles mantenerlos limpios. La suciedad y el polvo acumulado pueden interferir con el rendimiento ya que impiden la absorción de toda la radiación, pudiendo resultar en pérdidas de hasta el 8%. Se aconseja realizar una limpieza de los paneles con agua y algo de jabón al menos tres o cuatro veces al año. Cuanto más limpias estén las células monocristalinas, mejor rinden.

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

3.1. Presupuesto

A continuación, se muestra un desglose de los costes teniendo en cuenta todos los gastos que se han ido mencionando a lo largo de este proyecto, junto con los costes de certificación eléctrica, modalidad de excedentes y tramitaciones legales y la mano de obra de montaje.

PRESUPUESTO			
Concepto	Unidades	Precio/Ud.	Coste
Paneles fotovoltaicos	20	159,00 €	3.180,00 €
Inversor	1	695,00 €	695,00 €
Soporte 10 Paneles	2	627,02 €	1.254,04 €
Vatímetro	1	102,84 €	102,84 €
Protecciones			91,68 €
Fusibles	4	4,04 €	16,16 €
Portafusibles	4	5,77 €	23,08 €
Magnetotérmico	1	19,06 €	19,06 €
Protección Diferencial	1	26,65 €	26,65 €
Caja de protecciones ICP	1	6,73 €	6,73 €
Cableado			251,40 €
Cable 6 mm ²	100	1,48 €	148,00 €
Cable 10 mm ²	4	3,89 €	15,56 €
Cable de tierra 6 mm ²	30	1,35 €	40,50 €
Terminales de ojo	25	0,88 €	22,00 €
Bolsa Tornillos 8 mm	1	5,94 €	5,94 €
Canaleta	5	3,88 €	19,40 €
Aspectos legales y certificación			300,00 €
Montaje y Mano de Obra			500,00 €
TOTAL:			6.374,96 €

Tabla 6: Presupuesto de la instalación. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la instalación resulta en un coste muy cercano a 1 euro por vatio de potencia instalada, dentro de los márgenes actuales que oscilan entre 0.8 y 1.4 euros el vatio pico. Ya se aprecia que el proyecto muy probablemente sea viable haciendo este simple cociente.

Ahora se debe entrar en el detalle de los balances de energía, teniendo en cuenta la tarifa que se contrate con la comercializadora.

3.2. Ahorro eléctrico previsto

Una vez desarrollada la instalación, lo que más influye en este aspecto es la tarifa contratada. El plan más atractivo es una tarifa de Naturgy, en la que compensan los excedentes a 0.11 €/kWh, y cobran la energía consumida a 0.190833 €/kWh.

Se deben aplicar estas cifras a los datos del balance de energías que se obtiene mediante PVsyst adjunto en el ANEXO A. A continuación, se muestran los datos relevantes para los cálculos extrapolados de dicho informe:

Todo en kWh				
Fecha	Consumo	de Placas	de la Red	Vertido a la red
Enero	794	219	575	520
Febrero	601	184	417	665
Marzo	749	262	487	786
Abril	874	321	553	815
Mayo	1177	408	769	786
Junio	1454	447	1007	737
Julio	1417	411	1006	797
Agosto	1584	450	1134	748
Septiembre	1099	302	797	748
Octubre	849	236	613	729
Noviembre	726	172	554	651
Diciembre	712	200	512	498
Anual	12036	3612	8424	8480

Tabla 7: Balance de energías del sistema. Fuente: elaboración propia, datos de PVsyst.

Es preciso tener en cuenta que según está estipulado no se puede ganar dinero con los excesos de energía generada. Como mucho, se puede llegar a compensar todo el coste de la energía consumida a lo largo del mes, llegando a pagar cero por el término de energía de la factura, pero se seguiría pagando el término de la potencia contratada.

Igualmente, al contar con la fuente solar en las horas punta, se puede disminuir el término de potencia contratada. Como se puede observar al final de las dos primeras columnas de la tabla, el 30% del consumo se está suministrando directamente con las placas. Por ello la potencia contratada se puede disminuir al menos en un 30%. Probablemente se pueda disminuir incluso más teniendo en cuenta que se cubren los picos de demanda con energía solar, pero no es posible saber cuándo se puede producir un instante de gran necesidad de potencia y en este apartado los cálculos van a ser conservadores y limitarse a dicho porcentaje.

A la hora de realizar la comparativa, es muy importante tener en cuenta que los datos históricos de facturas que se tienen son de periodos previos a la desmesurada subida de los precios de la luz que ha ocurrido en el último año, por ello, se van a realizar dos casos.

En el primer caso, se va a utilizar la información original, sin retocar.

Para el segundo caso, y así poder establecer una equidad entre el precio que se va a pagar con excedentes y el histórico de facturas, se van a aplicar a las facturas antiguas tarifas de hoy en día, para tener una visión más clara de cuanto se podría ahorrar siendo facturado con los precios de hoy día. Así se elimina el factor del incremento que sufren los precios ahora para el análisis económico.

3.4. Rentabilidad

Se ha desarrollado un modelo en Excel, que tiene como entradas los datos de gasto medio anual histórico en función del precio de la energía, que compara con el balance de energías una vez se le ha aplicado la tarifa de Naturgy indicada previamente y así determina el ahorro anual. Todos estos importes son antes de impuestos, por tanto, al resultado final se le deben sumar los impuestos que se pagarían para determinar el ahorro en la factura al completo. Para los datos originales es el siguiente:

Energías en kWh - Impuestos no incluidos							
Fecha	Consumo	de Placas	de la Red	Coste	Vertido a la red	Devolución	Coste final
Enero	794	219	575	109,73 €	520	57,20 €	81,39 €
Febrero	601	184	417	79,58 €	665	73,15 €	35,29 €
Marzo	749	262	487	92,94 €	786	86,46 €	35,34 €
Abril	874	321	553	105,53 €	815	89,65 €	44,74 €
Mayo	1177	408	769	146,75 €	786	86,46 €	89,15 €
Junio	1454	447	1007	192,17 €	737	81,07 €	139,96 €
Julio	1417	411	1006	191,98 €	797	87,67 €	133,17 €
Agosto	1584	450	1134	216,40 €	748	82,28 €	162,99 €
Septiembre	1099	302	797	152,09 €	748	82,28 €	98,68 €
Octubre	849	236	613	116,98 €	729	80,19 €	65,65 €
Noviembre	726	172	554	105,72 €	651	71,61 €	62,98 €
Diciembre	712	200	512	97,71 €	498	54,78 €	71,79 €
Anual	12036	3612	8424	1.607,58 €	8480	932,80 €	1.021,14 €

Término kW contratados	0,132799 €/kW	Gasto anterior anual	2.122,87 €
Termino kWh consumidos	0,190833 €/kWh	Gasto con instalación	1.021,14 €
Compensación excedentes	0,11 €/kWh	Ahorro anual	1.101,72 €
Fijo por kW/mes	28,86 €	Impuesto electricidad	56,32 €
		Subtotal	1.158,04 €
		IVA	243,19 €
Recuperación de la inversión	4,55 años	Total ahorro anual	1.401,23 €

Tabla 8: Modelo de cálculo del ahorro original. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se han proyectado unos flujos de caja básicos (asumiendo que la inversión inicial calculada en el presupuesto se realiza a comienzos del próximo año, y que el ahorro ya se hace efectivo para dicho ejercicio) para poder calcular la Tasa Interna de Retorno del proyecto a 10 años, que como se puede ver es muy atractiva, o visto de otro modo, el tiempo de amortización de la inversión es inferior a cinco años. El proyecto es no solo viable, si no muy recomendable.

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Capex	-6.374,96 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ahorro anual	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €
Resultado	-4.973,73 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €	1.401,23 €

TIR **24%**

Tabla 9: Flujos de caja y TIR caso base. Fuente: elaboración propia.

Para el siguiente caso, se va a modificar en el modelo simplemente el precio de la energía del histórico que se posee, con el objetivo de adaptarlo a hoy día y se va a tomar el precio que ofrece Naturgy con la tarifa solar de 0,1908 €/kWh:

Energías en kWh - Impuestos no incluidos							
Fecha	Consumo	de Placas	de la Red	Coste	Vertido a la red	Devolución	Coste final
Enero	794	219	575	109,73 €	520	57,20 €	81,39 €
Febrero	601	184	417	79,58 €	665	73,15 €	35,29 €
Marzo	749	262	487	92,94 €	786	86,46 €	35,34 €
Abril	874	321	553	105,53 €	815	89,65 €	44,74 €
Mayo	1177	408	769	146,75 €	786	86,46 €	89,15 €
Junio	1454	447	1007	192,17 €	737	81,07 €	139,96 €
Julio	1417	411	1006	191,98 €	797	87,67 €	133,17 €
Agosto	1584	450	1134	216,40 €	748	82,28 €	162,99 €
Septiembre	1099	302	797	152,09 €	748	82,28 €	98,68 €
Octubre	849	236	613	116,98 €	729	80,19 €	65,65 €
Noviembre	726	172	554	105,72 €	651	71,61 €	62,98 €
Diciembre	712	200	512	97,71 €	498	54,78 €	71,79 €
Anual	12036	3612	8424	1.607,58 €	8480	932,80 €	1.021,14 €

Término kW contratados	0,132799 €/kW	Gasto anterior anual	2.701,35 €
Termino kWh consumidos	0,190833 €/kWh	Gasto con instalación	1.021,14 €
Compensación excedenetes	0,11 €/kWh	Ahorro anual	1.680,20 €
Fijo por kW/mes	28,86 €	Impuesto electricidad	85,89 €
		Subtotal	1.766,09 €
		IVA	370,88 €
Recuperación de la inversión	2,98 años	Total ahorro anual	2.136,97 €

Tabla 10: Modelo del cálculo del ahorro ajustado. Fuente: elaboración propia.

Esta modificación afecta al gasto anual, incrementando en casi 500 € en comparación con el caso base. Esto provoca que el ahorro sea aún mayor, y por tanto incremente considerablemente la rentabilidad del proyecto como se muestra a continuación, aun que ya se puede observar cómo la inversión se recupera en menos de 3 años.

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Capex	-6.374,96 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ahorro anual	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €
Resultado	-4.237,99 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €	2.136,97 €

TIR **49%**

Tabla 11: Flujos de caja y TIR caso con ajuste. Fuente: elaboración propia.

Para este caso ajustado la TIR es de casi un 50%, esto es una rentabilidad estupenda, y sin lugar a duda se debería realizar el proyecto. Se puede ver también cómo afectan los precios de hoy día y por qué ahora es aún más interesante el autoconsumo, fotovoltaico en este caso. Además, los beneficios no son exclusivamente económicos, como se va a tratar en el siguiente punto.

Se destaca que para ambos casos se ha definido una vida útil muy conservadora de la instalación de 10 años. La mayoría de las componentes rondan los 20/25 años de vida útil, exceptuando el inversor por su abundancia de componentes electrónicos, que se encuentra más cerca de los 10 años. Se limita en la vida útil del inversor, pero realizando una pequeña inversión para volver a tener inversor en el año 11, la rentabilidad ya sería desorbitada.

El modelo con el histórico de consumos se encuentra en el ANEXO J. Facturas de la luz (original y ajustada).

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL. ODS.

4.1. Alineamiento del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Citando a la Organización de las Naciones Unidas (ONU): “El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. Para alcanzar estas metas, todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y personas como usted.”

Estos objetivos mencionados son 17, y son los siguientes:

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsables
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres
16. Paz, justicia e instituciones sólidas
17. Alianzas para lograr los objetivos

Estos objetivos son esenciales para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos.

Este proyecto indirectamente puede contribuir a varios de los objetivos anteriormente mencionados, como pueden ser el 9, 11, 12 y 14. Pero en los que principalmente se centra, y a raíz de los cuales derivan el resto son los objetivos número 7. Energía asequible y no contaminante, y 13. Acción por el clima. Ambos tienen cierta relación.

4.1.2. ODS 7. Energía asequible y no contaminante

El objetivo 7 tiene como fin el asegurar que toda la humanidad tenga acceso a una fuente de energía a un coste razonable, y que el origen de dicha fuente sea sostenible y fiable.

La utilización de una instalación fotovoltaica implica generación energía completamente limpia y de un recurso inagotable como es el Sol. De este modo se afronta el objetivo, la generación solar no lleva emisiones asociadas, no contamina y su fuente es prácticamente infinita (modelo 100% sostenible).

Además, cuanto más se popularice esta tecnología, más inversión e investigación van a contribuir a su desarrollo y sus costes de producción van a mermar, facilitando así su implementación en países en vías de desarrollo, donde el acceso a una fuente de energía no es algo que este garantizado. Este aspecto es clave para ayudar a los casi 600 millones de personas (según la ONU) que aún no tienen acceso a la electricidad.

4.2.2. ODS 13. Acción por el clima

Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) y gases de efecto invernadero (GEI) están batiendo récords en los últimos años. Estos son los factores principales que están provocando que la temperatura global incremente, y se derritan los polos llevando a una subida del nivel de los océanos.

La instalación bajo estudio no solo es nula en emisiones de CO₂, si no que sustituye y reduce las emisiones asociadas a la energía que antes se hubiera utilizado y ahora está siendo suplida por la tecnología fotovoltaica.

En el siguiente apartado se puede ver un análisis con más detalle del balance de emisiones de CO₂.

4.2. Emisiones evitadas con el uso de la instalación fotovoltaica

Como se puede observar en la ilustración que se muestra a continuación, en un periodo de utilización de la instalación de 30 años, se evitan 78 toneladas de CO₂ que se hubieran emitido a la atmósfera.

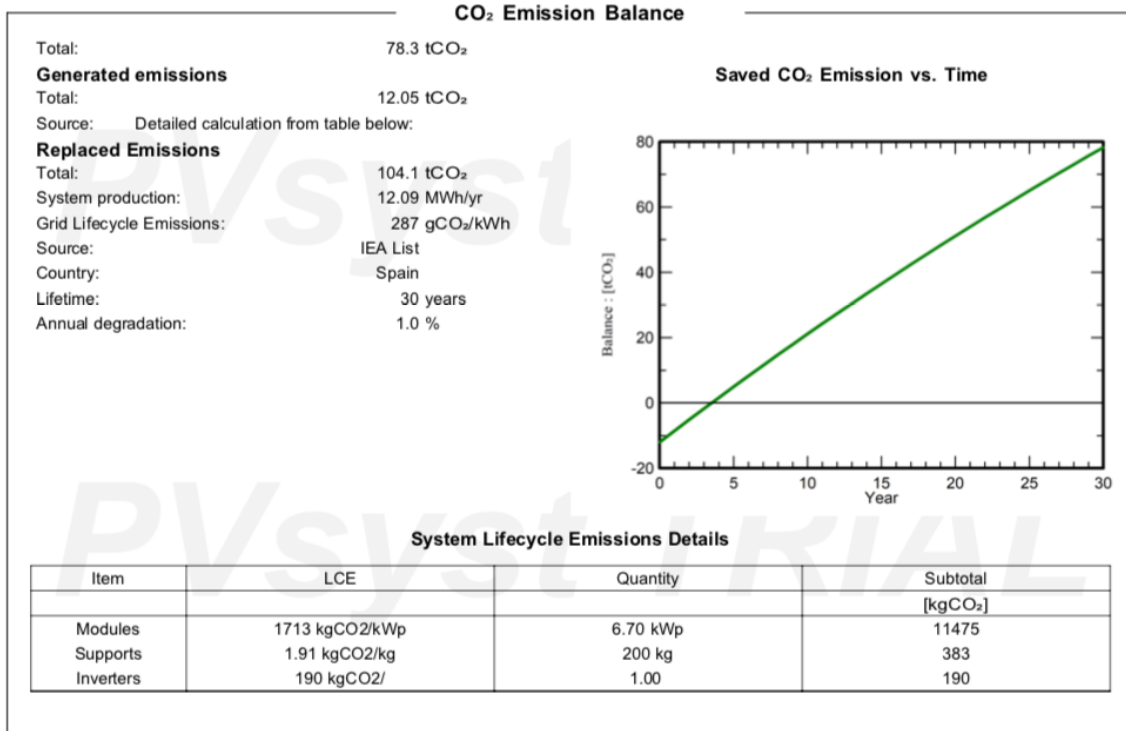


Ilustración 14: Balance de emisiones de CO₂

El cálculo se realiza teniendo en cuenta las emisiones por unidad de energía producida en España (287 g de CO₂ por cada kWh) y multiplicándolo por la energía producida por los paneles solares que se encuentra en la Tabla 7. A todo ello, hay que descontarle la cantidad de energía que se utiliza de la red para llegar a la cifra de emisiones netas (negativa, ya que se ahorran) de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

Hilcu, M. (Mayo 2021). *El autoconsumo fotovoltaico con o sin conexión a red explicado*. Nombre del sitio web: <https://www.otovo.es>

Hilcu, M. (Mayo 2021). *Estructuras para paneles solares. ¿Cuáles son los mejores soportes para fijar tus placas?*. Nombre del sitio web: <https://www.otovo.es>

Muñoz Gómez, R. (2017). *El autoconsumo. Energía eléctrica sostenible*.

Selectra. (Agosto 2021). *¿Cómo orientar e inclinar mi instalación fotovoltaica?*. Nombre del sitio web: <https://tarifasgasluz.com>

SotySolar. (Abril 2021). *¿Qué inversor solar elegir para tu instalación de placas solares?*. Nombre del sitio web: <https://sotysolar.es>

B.O.E. (Diciembre 2013). *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*.

B.O.E. (Octubre 2018). *Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores*.

B.O.E. (Abril 2019). *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*.

Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. *Radiación Solar*. Nombre del sitio web: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>

Alusín Solar. *Principales componentes de una instalación fotovoltaica*. Nombre del sitio web: <https://alusinsolar.com>

CambioEnergetico. (Julio 2021). *¿Cómo elegir batería de litio para tu autoconsumo?*. Nombre del sitio web: <https://www.cambioenergetico.com>

Germán Cordero, R. (Octubre 2020). *Tipos de paneles solares*. Nombre del sitio web: <https://www.sfe-solar.com>

Alonso Lorenzo, J.A. (Enero 2022). *Los paneles solares de mayor eficiencia (2019-2022)*. Nombre del sitio web: <https://www.sfe-solar.com>

Academia de Energía Solar. (Mayo 2021). *Curso gratis de PVsyst – Cómo simular instalaciones fotovoltaicas*. Nombre del sitio web: <https://www.youtube.com>

Álvarez González, M. (Febrero 2021). *Regulación para el autoconsumo solar en viviendas*. Nombre del sitio web: <https://elderecho.com>

Todo Fotovoltaica. (Abril 2022). *Inversores de energía solar fotovoltaica, ¿Qué es el MPPT?*. Nombre del sitio web: <https://www.todofotovoltaica.com>

Carrasco, A. (Enero 2022). *La compensación por excedentes de autoconsumo y la venta de energía a la red*. Nombre del sitio web: <https://www.otovo.es>

López, J. (Noviembre 2021). *Elementos de protección de la instalación fotovoltaica*. Nombre del sitio web: <https://albasolar.es>

AutoSolar. (Agosto 2021). *Mantenimiento de un panel solar*. Nombre del sitio web: <https://autosolar.es>



PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Instalación con conexión a la red

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 6.70 kWp

Vista Hermosa - Spain

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL



Project: Instalación con conexión a la red

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.14

VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

Project summary

Geographical Site Vista Hermosa Spain	Situation Latitude 36.60 °N Longitude -6.26 °W Altitude 30 m Time zone UTC+1	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Vista Hermosa Meteonorm 8.0 (1996-2015) - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 33 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Ext. defined as file 2021 CONSUMOS VF1.csv
System information		
PV Array		Inverters
Nb. of modules 20 units		Nb. of units 1 unit
Pnom total 6.70 kWp		Pnom total 6.00 kWac
		Pnom ratio 1.117

Results summary

Produced Energy 12.09 MWh/year	Specific production 1804 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 85.73 %
Used Energy 12.04 MWh/year		Solar Fraction SF 30.00 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6
Cost of the system	7
CO ₂ Emission Balance	8

**PVsyst V7.2.14**

VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

General parameters**Grid-Connected System**

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation**Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 33 / 0 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Ext. defined as file
2021 CONSUMOS VF1.csv

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
794	601	749	874	1177	1454	1417	1584	1099	849	726	712	12035	kWh

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model

JKM335M-60H

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

335 Wp

Number of PV modules

20 units

Nominal (STC)

6.70 kWp

Modules

2 Strings x 10 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

6.11 kWp

U mpp

310 V

I mpp

20 A

Total PV power

Nominal (STC)

7 kWp

Total

20 modules

Module area

33.7 m²

Cell area

29.8 m²**Inverter**

Manufacturer

Generic

Model

X1-Boost-6.0kW with 2 MPPT

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power

6.00 kWac

Number of inverters

2 * MPPT 50% 1 unit

Total power

6.0 kWac

Operating voltage

70-580 V

Pnom ratio (DC:AC)

1.12

Total inverter power

Total power

6 kWac

Number of inverters

1 unit

Pnom ratio

1.12

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s**DC wiring losses**

Global array res.

261 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction

2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction

0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

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



PVsyst V7.2.14

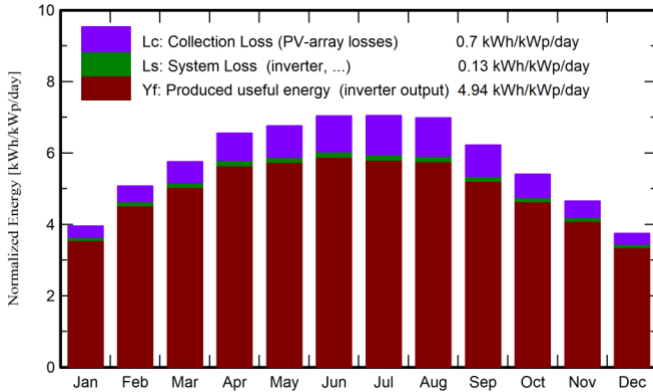
VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

Main results

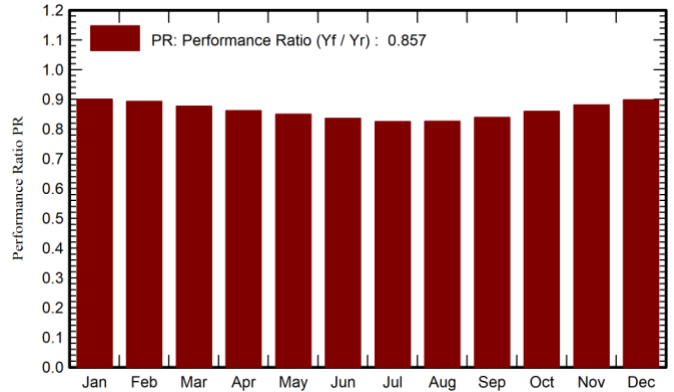
System Production

Produced Energy	12.09 MWh/year	Specific production	1804 kWh/kWp/year
Used Energy	12.04 MWh/year	Performance Ratio PR	85.73 %
		Solar Fraction SF	30.00 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh
January	76.9	31.09	10.49	122.4	120.7	0.758	0.794	0.219	0.520	0.575
February	99.8	38.81	11.41	141.9	139.9	0.870	0.601	0.184	0.665	0.417
March	145.1	59.97	14.05	178.4	175.1	1.075	0.749	0.262	0.786	0.487
April	182.5	63.32	15.97	196.7	192.8	1.165	0.874	0.321	0.815	0.554
May	218.6	76.94	19.43	209.6	204.6	1.224	1.177	0.408	0.786	0.769
June	231.5	71.61	22.39	211.3	206.1	1.215	1.454	0.447	0.737	1.007
July	234.6	66.65	24.79	218.3	213.1	1.239	1.417	0.411	0.797	1.006
August	210.4	68.32	25.46	216.4	211.9	1.228	1.584	0.450	0.748	1.134
September	159.6	54.91	22.72	186.7	183.2	1.076	1.099	0.302	0.748	0.798
October	124.2	47.00	19.79	167.6	165.0	0.989	0.849	0.236	0.729	0.613
November	87.9	30.08	14.21	139.4	137.5	0.844	0.726	0.172	0.651	0.553
December	69.6	29.67	11.74	116.0	114.2	0.717	0.712	0.200	0.498	0.512
Year	1840.7	638.36	17.74	2104.7	2064.0	12.401	12.035	3.611	8.478	8.424

Legends

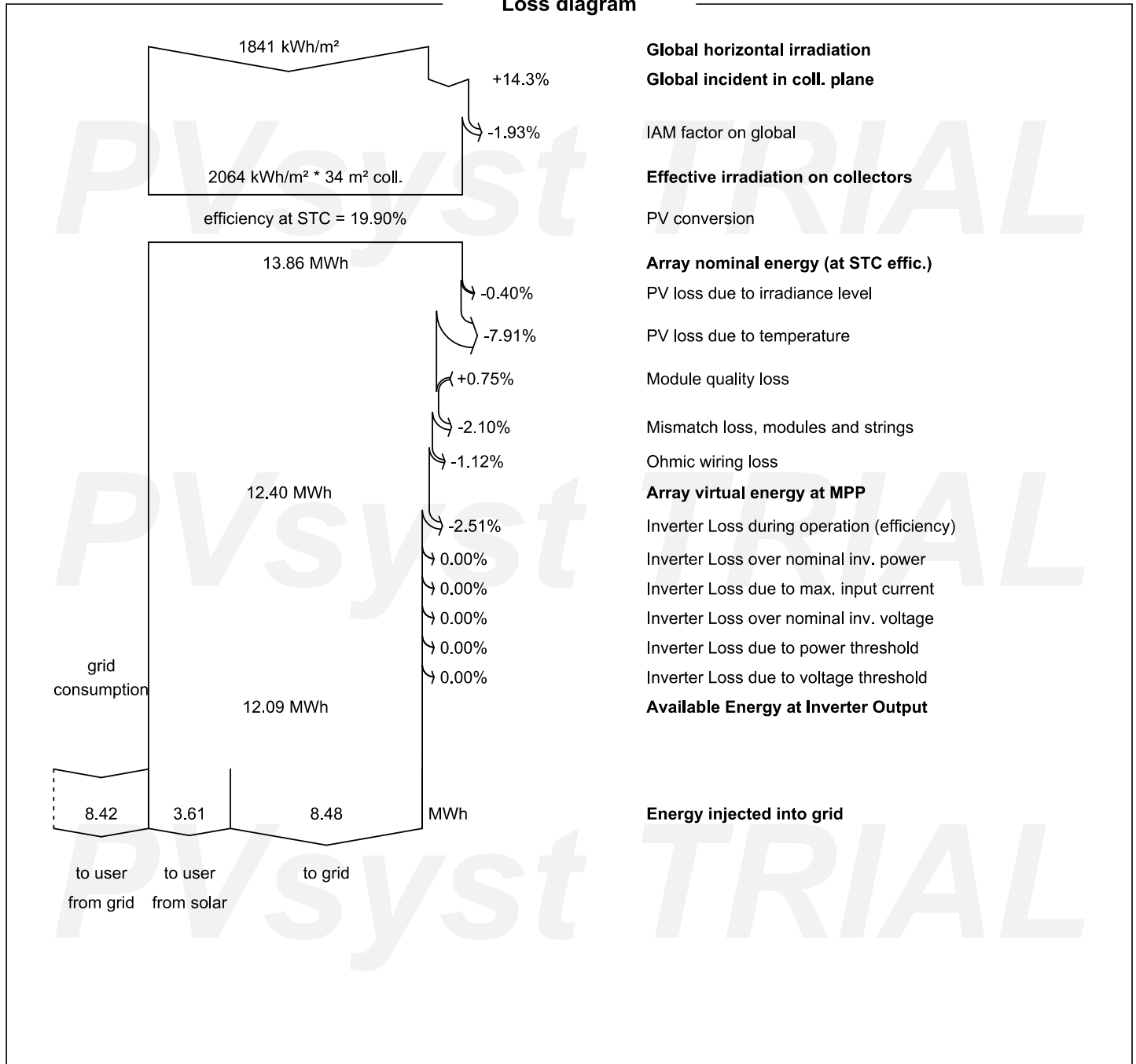
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



PVsyst V7.2.14

VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

Loss diagram



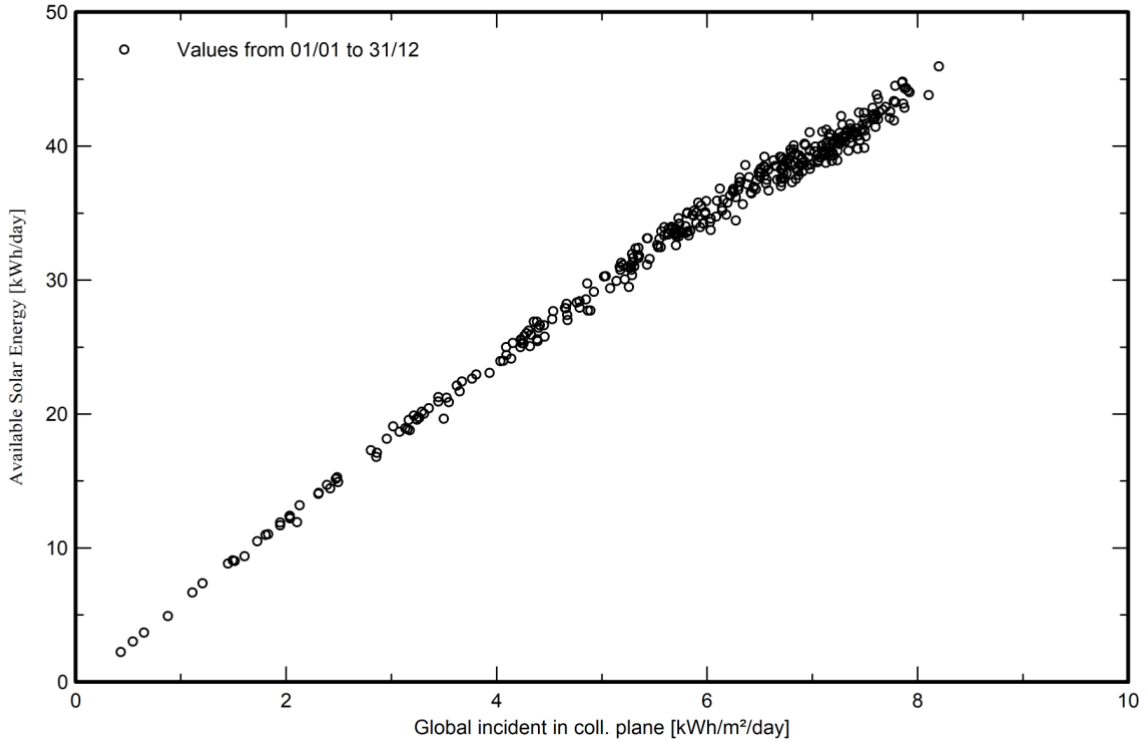


PVsyst V7.2.14

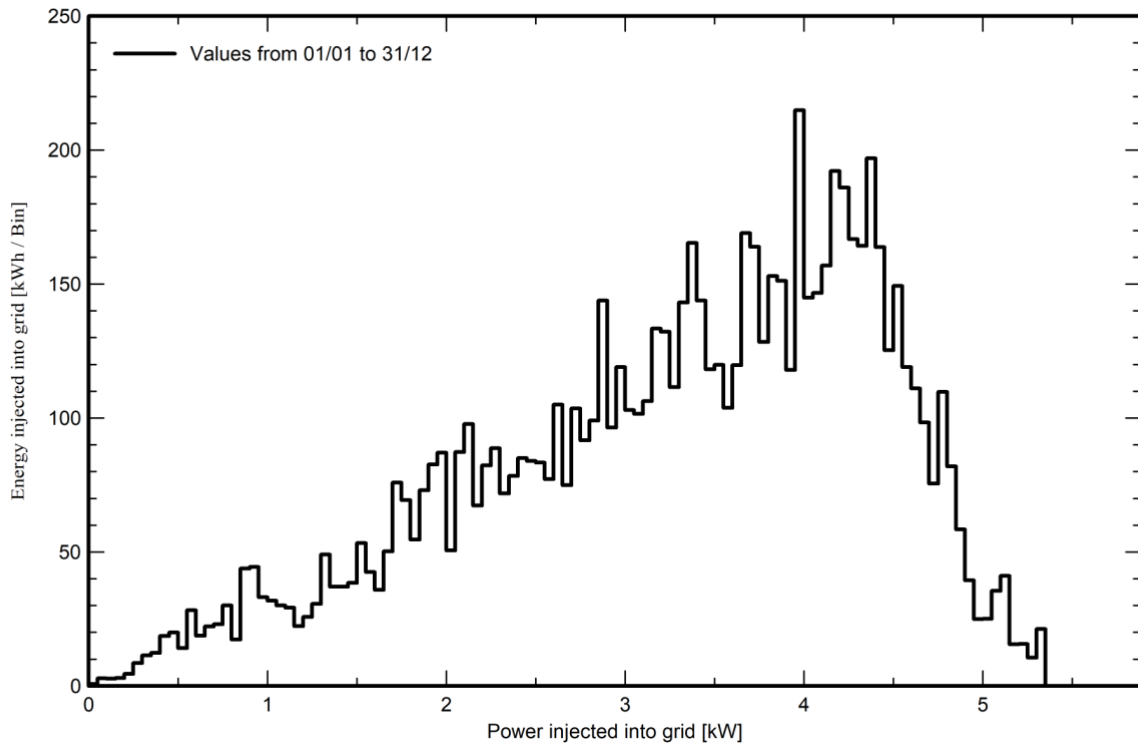
VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema





PVsyst V7.2.14

VC0, Simulation date:
23/05/22 19:03
with v7.2.14

CO₂ Emission Balance

Total: 78.3 tCO₂

Generated emissions

Total: 12.05 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below:

Replaced Emissions

Total: 104.1 tCO₂

System production: 12.09 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 287 gCO₂/kWh

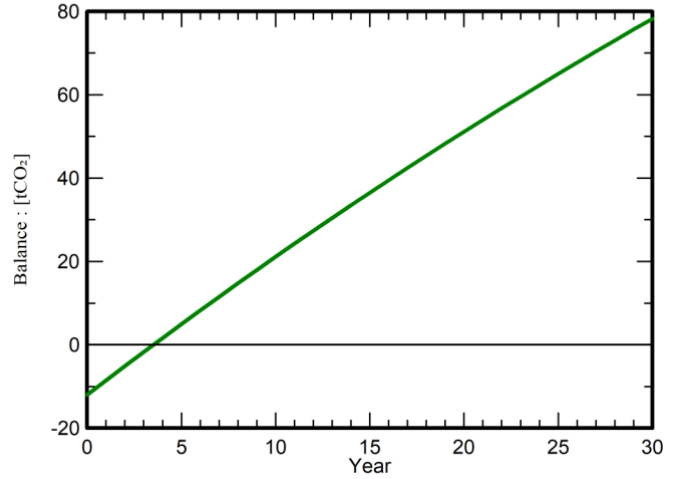
Source: IEA List

Country: Spain

Lifetime: 30 years

Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	6.70 kWp	11475
Supports	1.91 kgCO ₂ /kg	200 kg	383
Inverters	190 kgCO ₂ /	1.00	190



Cheetah HC 315-335 Wat

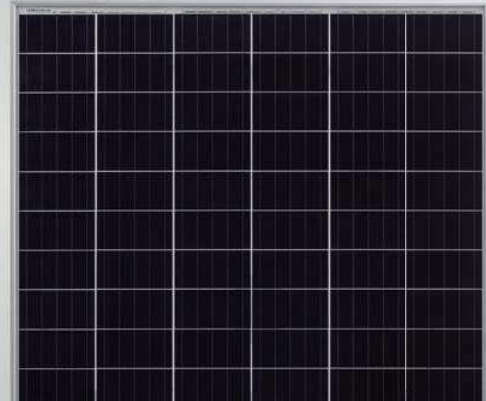
MÓDULO MONO PERC MEDIA CÉ

Tolerancia positiva 0/+3%

- Media Célula
- Mono PERC 60 Células



PERC



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS



Célula Solar 5 bus bar

La célula solar 5 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.



Alta eficiencia

Alta eficiencia de conversión del módulo (hasta 19.85%) gracias a una nueva tecnología de producción.



Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID)

El excelente rendimiento Anti-PID garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo.



Rendimiento con baja irradiación lumínica

El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



Resistencia en condiciones climatológicas adversas

Certificado para soportar rachas de viento (2400 Pascal) y cargas de nieve (5400 Pascal).



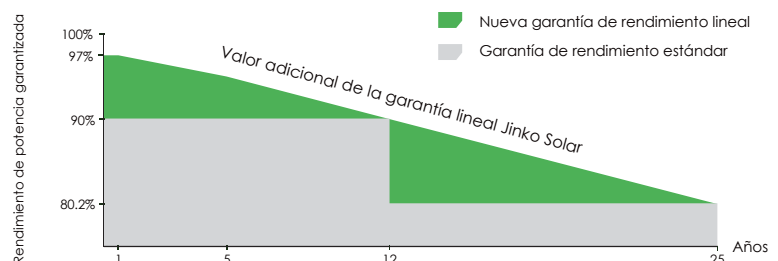
Resistencia en condiciones ambientales extremas

Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TUV NORD.



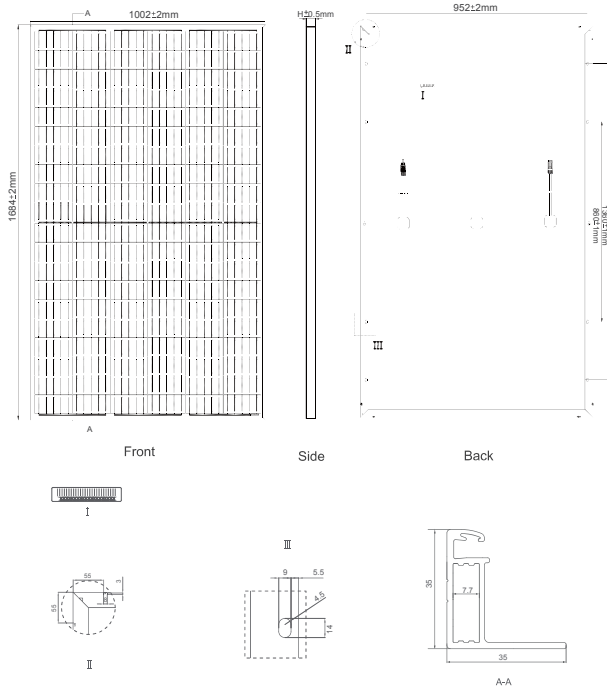
GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía del producto * 25 Años de garantía potencial lineal



- Fábrica con certificado ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001
- Productos con certificación IEC61215 IEC61730, UL1703

Dibujos técnicos

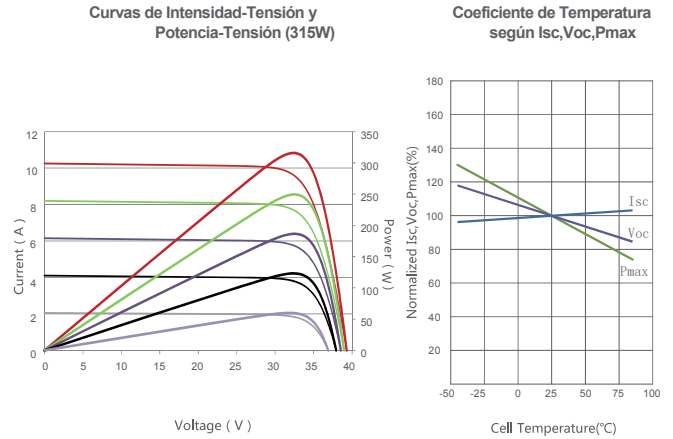


Embalaje

(Dos cajas = Un palet)

30pcs/ caja, 60pcs/ caja, 780pcs/40'HQ Contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de Célula	Mono PERC 158.75×158.75mm
NºMedia Células	120 (6×20)
Dimensiones	1684×1002×35mm (66.30×39.45×1.38 pulgadas)
Peso	19.0 kg (41.9 libras)
Vidrio Frontal	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Estructura	Aleación de Aluminio Anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1x4.0mm ² , Anode 290mm, Cathode 145mm o Longitud personalizada

ESPECIFICACIONES

Tipo de Módulo	JKM315M-60H		JKM320M-60H		JKM325M-60H		JKM330M-60H		JKM335M-60H	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmax)	315Wp	235Wp	320Wp	239Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Tensión en el punto P _{máx} VMPP (V)	33.2V	31.2V	33.4V	31.4V	33.6V	31.6V	33.8V	31.8V	34.0V	32.0V
Corriente en el punto P _{máx} IMP (A)	9.49A	7.56A	9.59A	7.62A	9.68A	7.66A	9.77A	7.74A	9.87A	7.82A
Tensión en circuito abierto VOC (V)	40.7V	37.6V	40.9V	37.8V	41.1V	38.0V	41.3V	38.2V	41.5V	38.4V
Corriente de cortocircuito ISC (A)	10.04A	8.33A	10.15A	8.44A	10.20A	8.54A	10.31A	8.65A	10.36A	8.74A
Eficiencia del módulo (%)	18.67%		18.96%		19.26%		19.56%		19.85%	
Temperatura en funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)									
Valores máximos recomendables de los fusibles	20A									
Tolerancia de Potencia Nominal	0~+3%									
Coefficiente de Temperatura de Pmax	-0.37%/°C									
Coefficiente de Temperatura de Voc	-0.29%/°C									
Coefficiente de Temperatura de Isc	0.048%/°C									
Temperatura Operacional de Célula (NOCT)	45±2°C									

STC: Radiación 1000W/m²

Célula Módulo 25°C

AM = 1.5

NOCT: Radiación 800W/m²

Ambiente Módulo 20°C

AM = 1.5

Velocidad del viento 1m/s

* Tolerancia de mediación de potencia: ± 3%



www.solaxpower.com info@solaxpower.com

Single phase
Dual MPPT inverters
X1-Boost



*Simple.
Reliable.
Efficient*



High Efficiency



Wide Voltage Range



'Smart Plug' Load Control



Remote Monitoring

3kW

3.3kW

3.6kW

4.2kW

5kW

**X1-3.0-T / X1-3.3-T / X1-3.6-T / X1-4.2-T / X1-5.0-T
X1-5.5K-T / X1-6K-T**

SolaX have developed a range of single phase inverters unrivalled in the industry for their quality, reliability and efficiency. The SolaX single phase inverters boast a wide MPPT voltage range to allow for more energy harvesting and have a maximum input voltage of 580V, with a maximum efficiency of 98%. In addition, SolaX single phase inverters are IP66 rated, have no internal fan and come with optional 'plug & play' WIFI. The dual MPPT 'Boost' range is also compatible with the new SolaX 'Smart Plug' which allows for device remote control.



Global: +86 571-56260008

AU: +61 1300 476529 / DE: +49 7231 4180999 / UK: +44 2476 586998 / NL:+31 (0) 852 737932

	X1-3.0T	X1-3.3T	X1-3.6T	X1-4.2T	X1-4.6T	X1-5.0T	X1-5.5K	X1-6.0K
INPUT (DC)								
Max.PV array power [Wp]	4500	4950	5400	6300	6900	7500	8250	9000
Max.DC voltage [V]	600	600	600	600	600	600	600	600
Nominal DC operating voltage [V]	360	360	360	360	360	360	360	360
Max. input current [A]	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14
Max. short circuit current [A]	16	16	16	16	16	16	16	16
MPPT voltage range[V]	70-580	70-580	70-580	70-580	70-580	70-580	70-580	70-580
Start operating voltage[V]	100	100	100	100	100	100	100	100
No. of MPP trackers / Strings per MPP tracker	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)	2(1/1)
OUTPUT AC								
Nominal AC power [VA]	3000	3300	3680	4200	4600	5000*	5500	6000
Max. AC power [VA]	3300	3630	4080(3680 for TOR)	4620	5060	5500*	6050	6600
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	220/230/240; 180~280							
Nominal grid frequency/range [Hz]	50/60; ±5							
Nominal AC current [A]	13	14.3	16	18.3	20	21.7 (20 for VDE4105)	23.9	26.1
Max. AC current [A]	14.3	15.8	17.6(16 for G98)	20.1	22	23.9*	26.3	28.7
Displacement power factor	0.8 leading ~ 0.8 lagging							
THDi, rated power [%]	<2							
EFFICIENCY								
MPPT efficiency [%]	99.9							
Euro efficiency [%]	97.0							
Max. efficiency [%]	98.0							
POWER CONSUMPTION								
Standby consumption (Night) [W]	<2							
STANDARD								
Over voltage protection	YES							
Over current protection	YES							
DC isolation impedance monitoring	YES							
Ground fault current monitoring	YES							
DC injection monitoring	YES							
RCD protection	YES							
Safety	IEC62109-1/-2							
EMC	EN 61000-6-1 / EN 61000-6-2 / EN 61000-6-3							
Certification	VDE4105 /G98 / G99/ AS4777 / EN50549 / CEI0-21							
ENVIRONMENT LIMIT								
Degree of protection(according to IEC60529)	IP66							
Operating temperature range [°C]	-25~+60(derating at 45)							
Max. operation altitude [m]	<3000							
Humidity [%]	0~100 (non-condensation)							
Storage temperature [°C]	-30~+70							
Typical noise emission [dB]	<25							
DIMENSION AND WEIGHT								
Dimensions(WxHxD) [mm]	430*341.5*143							
Weight[kg]	13.5	13.5	13.5	15	15	15	15	15
Cooling concept	Natural							
Topology	Non-isolated							
Communication interfaces	Pocket WiFi(optional)/Pocket LAN(optional)/Pocket GPRS(optional)/CT/Meter(optional)/RS485/DRM/USB							
LCD display	Yes							
Standard warranty [years]	5-10							

*Nominal AC power [VA]: 4600 for VDE4105/ *Max. AC power [VA]: (4600 for VDE4105) / *Max. AC current [A]: (21.7 for AS4777)

Hoja de características del producto

Especificaciones



Acti9 iD - Interruptor diferencial 1-2P
- 40A - 30mA - clase AC

A 9R 60240

Principal

Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti9 iD 40
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	ID K
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC
Etiquetas de calidad	VDE

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220..240 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	I _{im} 500 A I _n 500 A
Corriente condicional de cortocircuito	GL63, estado 1 Inc 4,5 kA K60, estado 1 Inc 6 kA C60, estado 1 Inc 6 kA
[U _i] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50/60 Hz
[U _{imp}] Resistencia a picos de tensión	4 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	NA

Aviso Legal: Este documento no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la idoneidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	69 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	5000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 2000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...35 mm ² rígido Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...25 mm ² flexible Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...25 mm ² flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	16 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	2
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 200 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	184,0 g
Paquete 1 Altura	8 cm
Paquete 1 ancho	4 cm
Paquete 1 Longitud	10 cm
Tipo de unidad del paquete 2	P06
Número de unidades en el paquete 2	432
Peso del paquete 2	112,45 kg
Paquete 2 Altura	20 cm
Ancho del paquete 2	60 cm
Longitud del paquete 2	80 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03

Número de unidades en el paquete 3	54
Paquete 3 Peso	13,248 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto con contenido plástico y cables sin halógenos

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

CABLE UNIFILAR

Cable 6mm² H07V-K Amarillo Verde



Parámetros técnicos

Tensión Máxima:	500V
Sección de Cable:	6 mm ²
Uso:	Interior-Exterior
Dimensiones:	1 m
Temp. de trabajo:	Min -40°C /Max 160° C
Garantía:	3 Años
Certificados:	CE & RoHS

Descripción del producto

Conductor unifilar de potencia de cobre electrolítico estañado de 6 mm² de sección, la cubierta es de color amarillo verde (tierra).

Se trata de un cable flexible y robusto, siendo su uso adecuado en trazados difíciles, así como en todo tipo de condiciones ambientales ya que se trata de un cable extra deslizante. La cubierta es de color amarillo/ verde.

Este conductor está libre de halógenos (no propagador de la llama ni de incendio), con baja emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos.

La tensión nominal del cable es de 500V.

La denominación técnica es: V-K

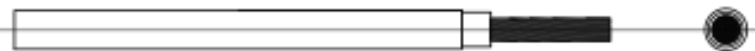


TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K

TÜV solar PV cable.

BASED ON: (EN 50618 / IEC 62930 / UTE C 32-502)

DESIGN



Conductor

Class 5 (flexible) tinned copper, based on EN 60228 and IEC 60228.

Insulation

Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber insulation.

Outer sheath

Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber outer sheath, red or black colour.

APPLICATIONS

The Topsolar® PV H1Z2Z2-K cable, which is TÜV certified according to IEC 62930 and EN 50618, is suitable for both fixed and mobile solar installations (solar farms, rooftop solar installations and floating plants).

It is a highly flexible cable compatible with all major connectors and specially designed for the connection of photovoltaic panels. This versatile single-conductor cable is designed to meet the varying needs of the solar industry. Suitable for wet, damp and humid locations.

- Solar PV installations - string cable.

PV WIRE ALSO
AVAILABLE



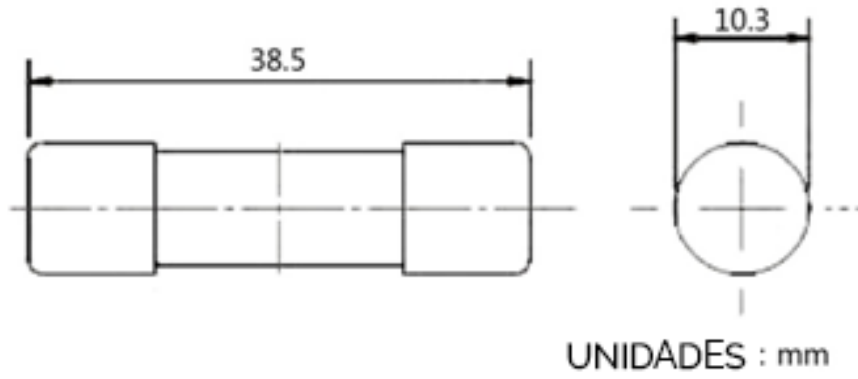
More information at: www.topcable.com

ANEXO G. Hoja características fusible

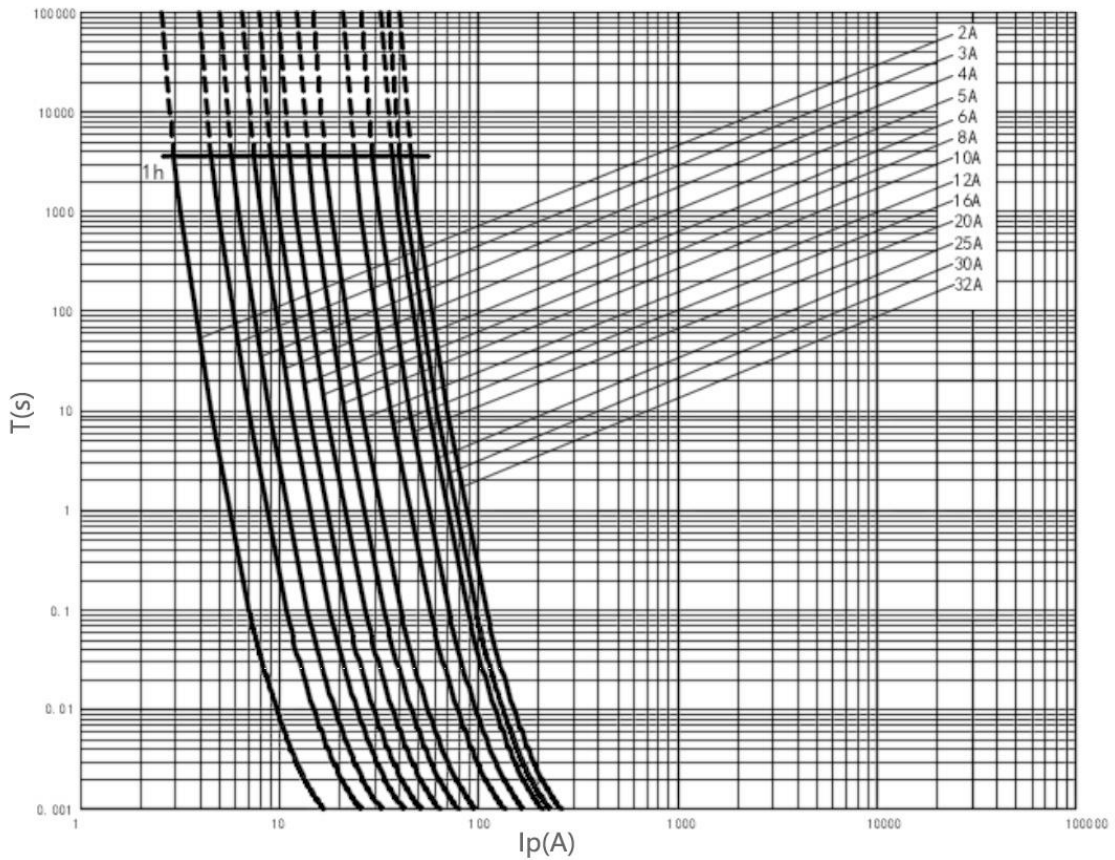
PARÁMETROS TÉCNICOS

MODELO	ZTPV 25			
Imagen				
Tamaño (mm)	10x38			
Tensión nominal Ue (V)	DC1000			
Corriente nominal In (A)	1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 16 20 25 30 32			
Capacidad de ruptura nominal (33)	33			
Clase de operación	gPV			
Temperatura de trabajo	-50~105			
Altitud (m)				
Peso (g)	10			
Estándar	IEC60269.6			
Detalles del material				
Nombre de la pieza	Tapa	Cuerpo	Elemento fusible	Agente extintor de arcos
Material	Cobre rojo	Óxido de aluminio	Plata	Silicio

DIBUJO ACOTADO



CURVA DE CARACTERÍSTICAS



Características Tiempo-Corriente

**INSTRUCCIONES DE MONTAJE
SISTEMA TRIANGULAR
PANELES VERTICALES**



ELEMENTOS NECESARIOS

Llave Allen 6mm
Opcional Llave Dinamométrica



Llave fija nº13



Triángulo



Grapa Guía Pro



Guía Pro Standard



Empalme para Guía Pro



Inter Clamp



End Clamp



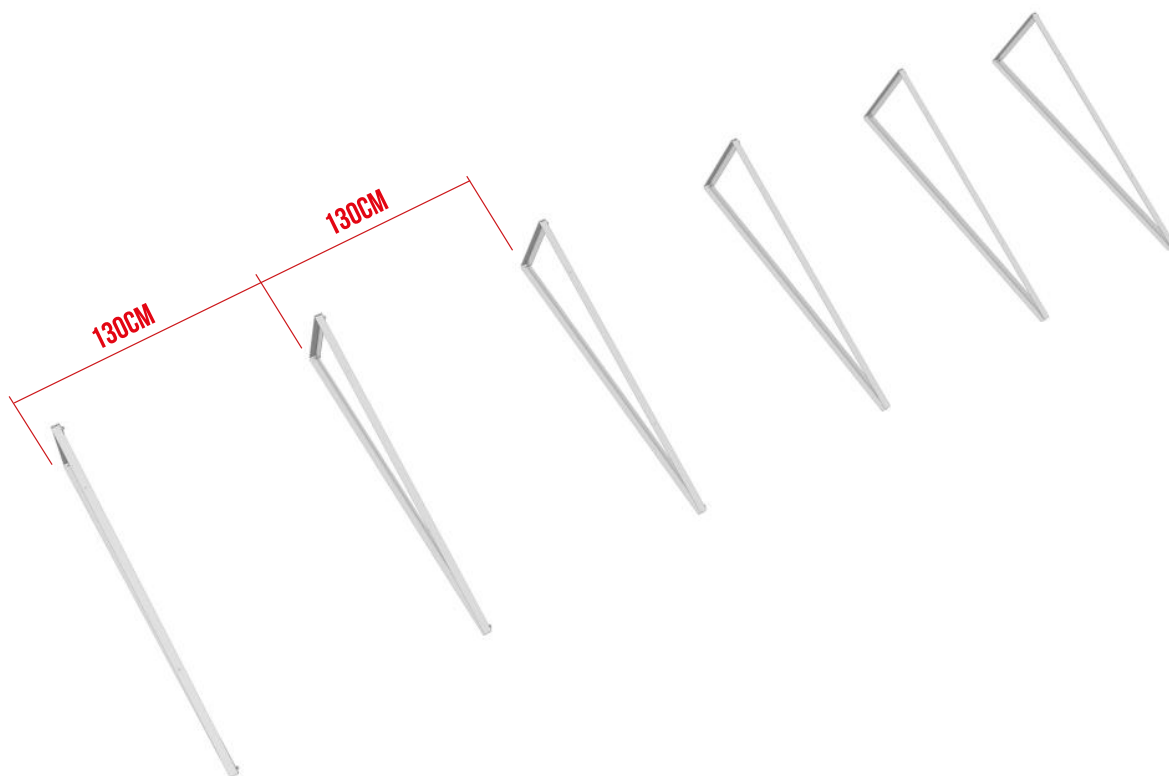
Módulo



01 REPLANTEO

Antes de empezar con el montaje replantaremos la instalación. Como norma dejaremos 130cm de separación entre anclajes y alrededor de 20cm desde el primer y último soporte al comienzo de la **Guía Pro Standard**. Puedes variar ligeramente estas cifras si te coinciden con una mejor base para atornillar.

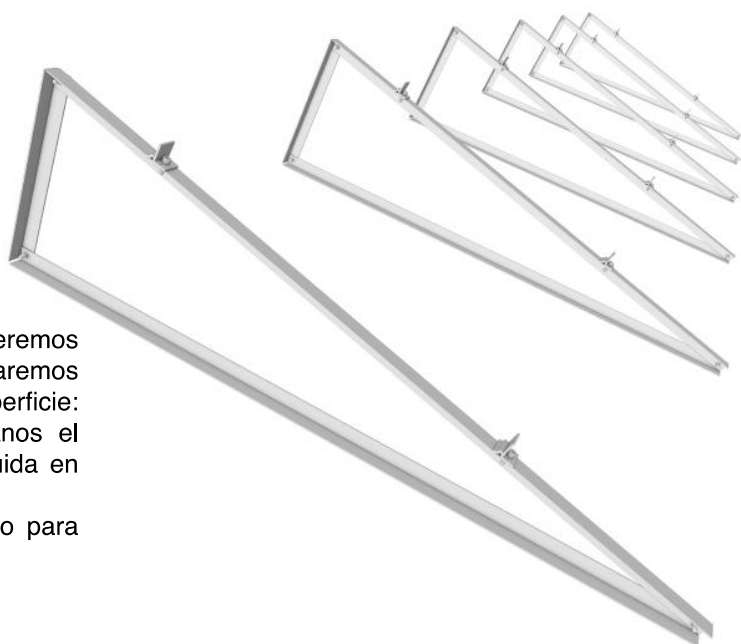
Asegurate de dejar los agujeros de los triángulos hacia arriba. Los necesitarás para unir las grapas.



02 FIJACIÓN SOPORTES

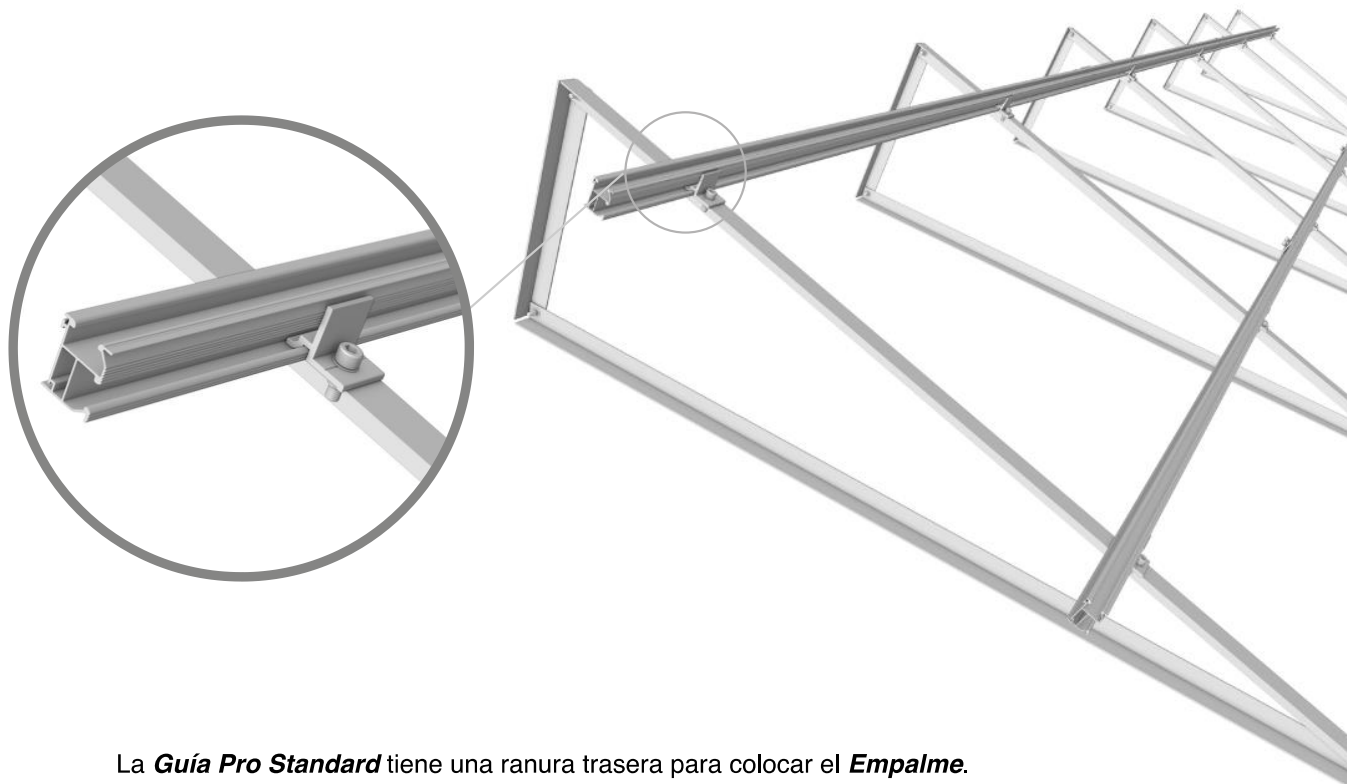
Una vez que tenemos el replanteo procederemos a anclar los triángulos a la cubierta. Utilizaremos la solución más adecuada a nuestra superficie: tirafondos, roscachapas, lastres (consultanos el peso necesario)... esta parte no está incluida en el kit.

Asegurate de utilizar un sellador adecuado para evitar goteras.

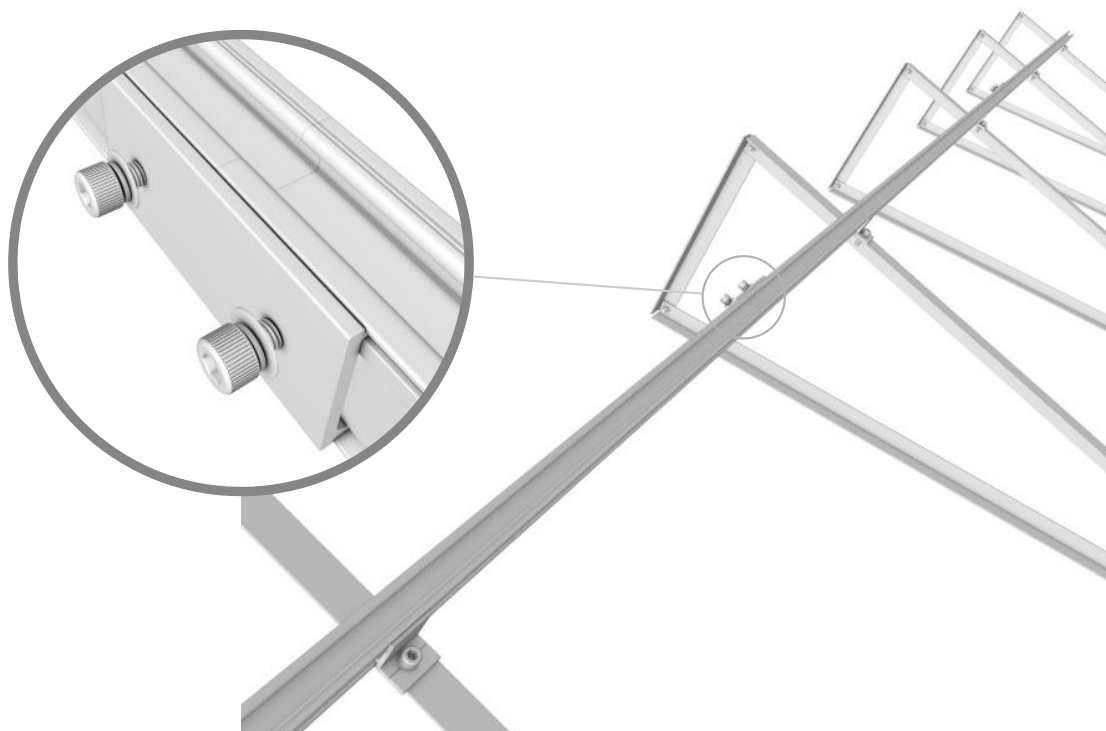


03 MONTAMOS LAS GUÍAS

Seguidamente fijaremos las **Guías Pro Standard** en los triángulos utilizando la Grapa tal y como se muestra en la imagen. Si vas a colocar más de una guía necesitarás también una pieza de empalme. Para ambas operaciones necesitas un llave Allen de 6mm (torque recomendando 8Nm si tienes una Llave Dinamométrica) y la llave fija para apretar las grapas.

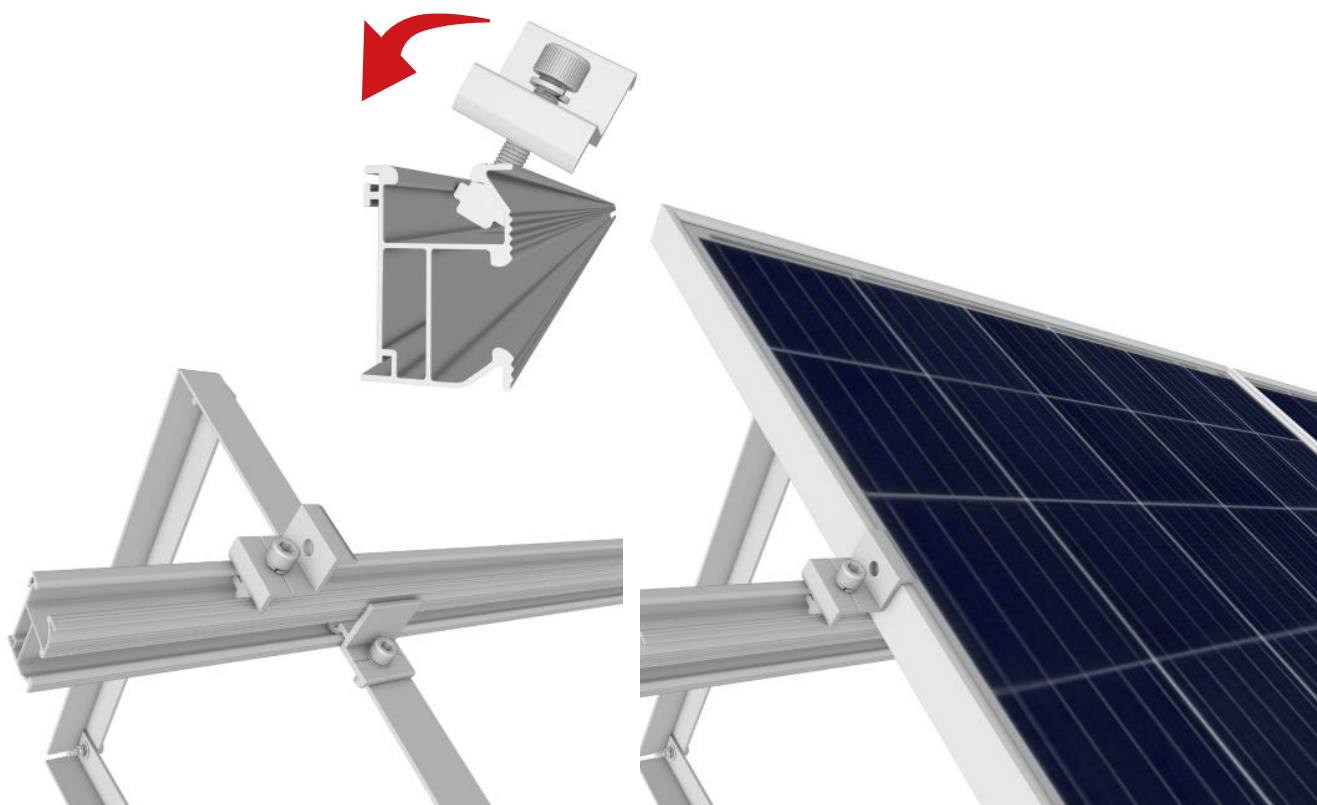


La **Guía Pro Standard** tiene una ranura trasera para colocar el **Empalme**.



04 MONTAJE PANELES

Ya tenemos las guías correctamente fijadas. Ahora colocamos el primer panel empezando por un lateral. Lo fijamos con los **End Clamp** tal y como se ve en la imagen. Necesitarás la llave Allen de 6mm (*Torque 8Nm*).



Continuamos con el siguiente panel pero esta vez utiliza los **Inter Clamp**. Repite la operación hasta que llegues al último panel de la fila, terminaremos otra vez con los **End Clamp**, como empezamos a sujetar el primero.

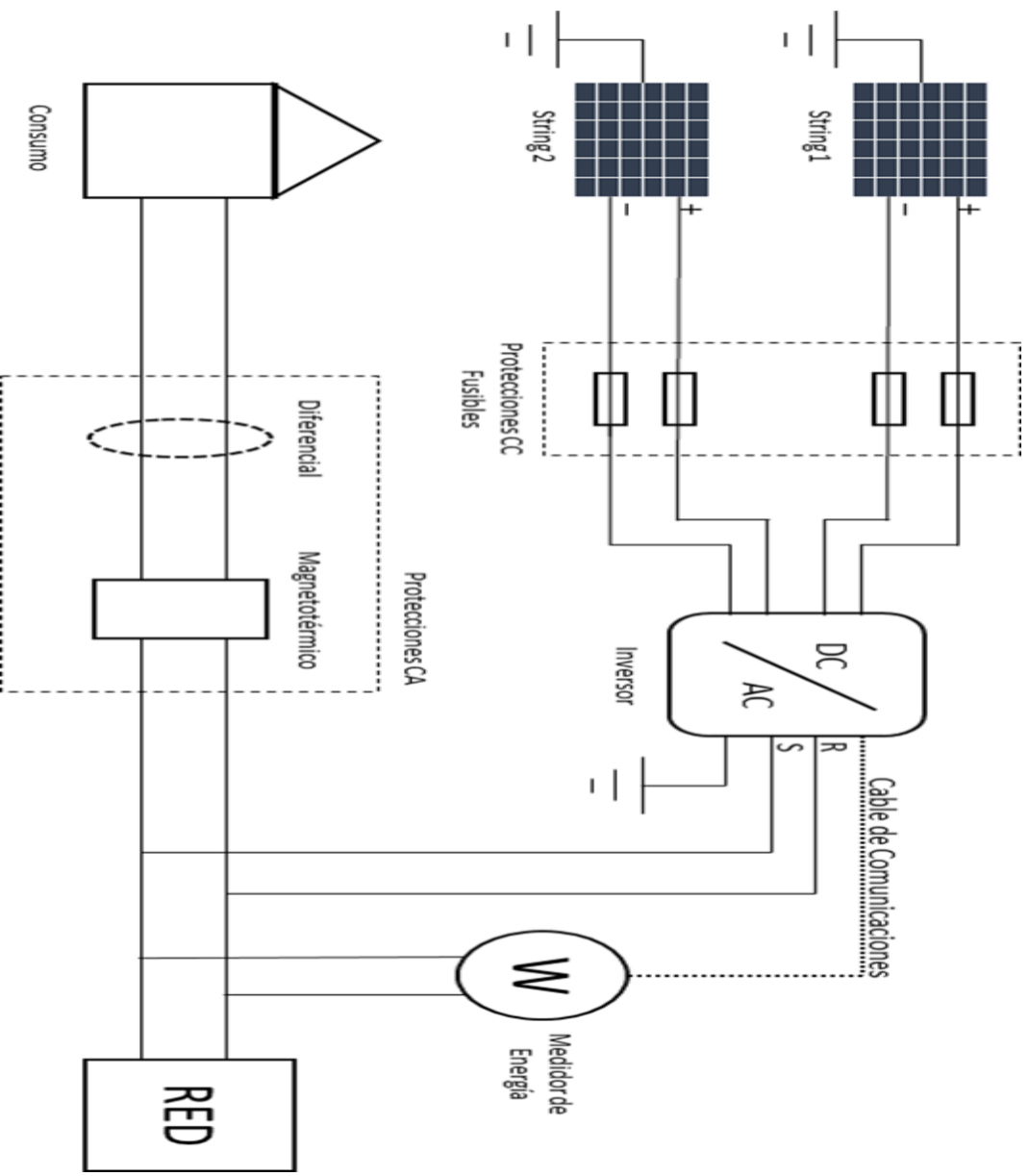


INSTRUCCIONES DE MONTAJE SISTEMA TRIANGULAR PANELES VERTICALES

El montaje final debería ser similar a la imagen.
Pasados dos o tres meses, es recomendable revisar el par de apriete de los tornillos. Pueden haberse aflojado por variaciones de temperatura.

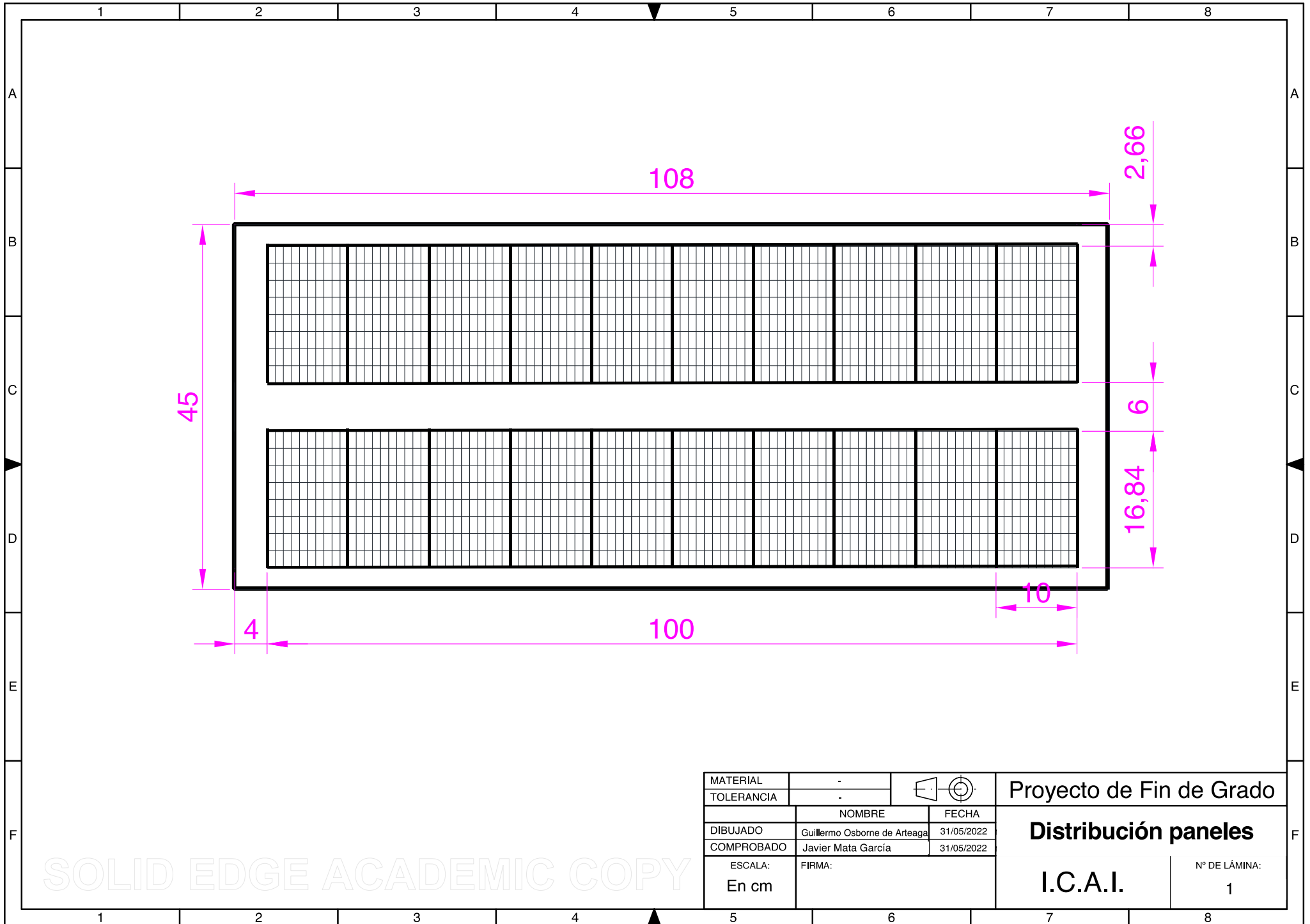


Documento 2. Planos.



MATERIAL	.		Proyecto de Fin de Grado	
TOLENCIA	.			
	NOMBRE	FECHA	Esquema Eléctrico I.C.A.I.	
DIBUJADO	Guillermo Osorno de Atarajá	31/05/2022		
COMPROBADO	Xavier Mata Garcia	31/05/2022		
ESCALA:	FRMA:		Nº DE LÁMINA:	2

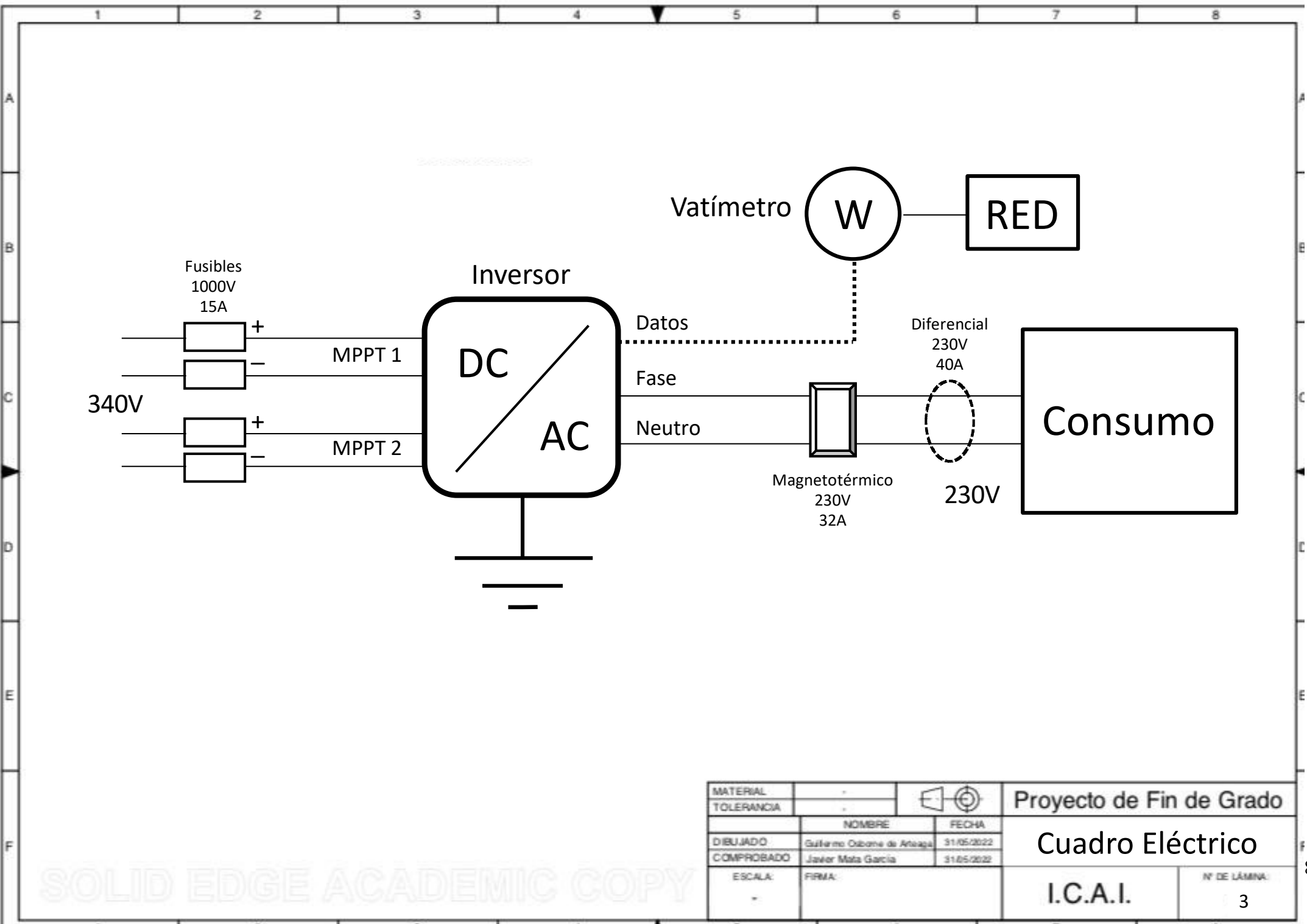
SOLID EDGE ACADEMIC COPY




MATERIAL	-	
TOLERANCIA	-	
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Guillermo Osborne de Arteaga	31/05/2022
COMPROBADO	Javier Mata García	31/05/2022
ESCALA:	FIRMA:	
En cm		

Proyecto de Fin de Grado	
Distribución paneles	
I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA: 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



MATERIAL	-		Proyecto de Fin de Grado	
TOLERANCIA	-		Cuadro Eléctrico	
	NOMBRE	FECHA	I.C.A.I.	
DIBUJADO	Guillermo Osborne de Arceaga	31/05/2022		
COMPROBADO	Javier Mata Garcia	31/05/2022	Nº DE LÁMINA: 3	
ESCALA:	FIRMA:			
-				

SOLID EDGE ACADEMIC COPY