



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Ahorro de consumo de electricidad en una instalación de
placas solare fotovoltaicas

Autor: Carlota Pérez Rodríguez

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Junio de 2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Ahorro de consumo de electricidad en una instalación de placas solares fotovoltaicas”
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2020-2021 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: Carlota Pérez Rodríguez

Fecha: 30/06/2021



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 30/06/2021



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Ahorro de consumo de electricidad en una instalación de
placas solare fotovoltaicas

Autor: Carlota Pérez Rodríguez

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Junio de 2021

AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN UNA INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Autor: Pérez Rodríguez, Carlota.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia de Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

El objetivo del proyecto consiste en realizar una instalación de placas solares fotovoltaicas en una vivienda unifamiliar conectada a la Red Eléctrica Española, sin compensación por excedentes. El fin será producir suficiente energía eléctrica para autoconsumo, suministrando potencia que suponga un ahorro de al menos 50% de los consumos requeridos por la vivienda. Se han tomado como referencia las facturas eléctricas de consumo del año 2020 del mismo domicilio para calcular los futuros ahorros que derivan de la instalación de las placas solares.

Dicha residencia está situada en la provincia de Guadalajara, en la que habitan cinco personas. La localización del domicilio es relevante, ya que los niveles de irradiancia están directamente relacionados con la productividad de las placas fotovoltaicas. En el caso de España, todo el territorio es atractivo para este tipo de energía renovable. Y en concreto la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha no sólo presenta buenos niveles de irradiancia, sino que la regulación de la Comunidad alienta este tipo de proyectos; incentivando la instalación de sistemas fotovoltaicos en viviendas particulares.

En cuanto a la instalación, debido al principio de funcionamiento del efecto fotovoltaico, el objetivo será minimizarla reflexión de la luz y maximizar su absorción. Por ello, las propiedades y características del material con el que se fabrican las células solares serán de vital importancia. En la fase de diseño y dimensionamiento de los componentes de la instalación se han comparado distintos proveedores, con el fin de obtener los mejores elementos que se adapten a las necesidades particulares de la vivienda en la que se basa el estudio del proyecto.

Después de haber elegido los componentes realizando un análisis de cuáles son los mejores dispositivos en el mercado, se ha realizado un Análisis Técnico de la Instalación. Los resultados de la estimación del ahorro que generarán las placas fotovoltaicas se han investigado posteriormente comprobando que se cumplen todas las condiciones de seguridad que aseguran el correcto funcionamiento de la instalación.

Cumpliendo con los objetivos del proyecto, se ha determinado la rentabilidad del proyecto, así como el tiempo de retorno de la inversión en un Estudio de la Viabilidad económica de la Instalación. Para ello se han analizado tanto los costes como los beneficios del proyecto durante un periodo de 25 años. La duración escogida es la vida útil que asegura el fabricante de los módulos solares (los cuales deberían funcionar con un buen rendimiento asegurado durante dicho periodo).

La rentabilidad del proyecto se ha evaluado en base a los indicadores económicos de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). También se ha utilizado el método *Payback* para calcular el tiempo en el que se recuperará la inversión inicial a realizar. Todo ello con el objetivo de concluir si se debe apoyar o descartar el proyecto.

Finalmente, se ha incluido un Estudio del impacto medioambiental que tiene la instalación; la cual brinda beneficios en cuanto a reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, etc. También se ha integrado un Estudio de Seguridad y Salud conforme a la normativa vigente española, con el fin de proveer las bases técnicas y fijar los parámetros de prevención de riesgos profesionales.

Metodología

Como resultado del dimensionamiento de la instalación, se han escogido como componentes nueve paneles solares conectados en serie con una potencia nominal de 390Wp, un inversor de 3.0 kW, y los correspondientes dispositivos de protección (fusibles, diferencial y magnetotérmico), cableado (en corriente continua, alterna y puesta a tierra) y estructura soporte.

Estos datos de la instalación junto con los datos del análisis de emplazamiento (latitud, longitud, irradiancia, temperatura media, inclinación óptima, etc.) se han empleado siguiendo las recomendaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). El IDAE establece las pautas para realizar el cálculo de la producción anual

esperada de una instalación solar fotovoltaica en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. En concreto, en este documento se recoge la ecuación que define la estimación de la energía inyectada:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Siguiendo las recomendaciones del IDAE, se ha utilizado un documento Excel como hoja de cálculo para obtener el valor de la producción solar estimada de la instalación, para el posterior cálculo del ahorro de energía.

En cuanto a la metodología para realizar el estudio económico se han utilizado dos indicadores en la evaluación: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Ya que el VAN tiene en cuenta la depreciación futura del dinero referida a dinero actual, se calcula con los flujos de caja y la tasa de descuento. En este caso, se ha fijado la tasa de descuento en 4,5%. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular valor actual neto:

$$VAN = \sum_{n=1}^{25} \frac{F_n}{(1+d)^n} - I_0$$

Con el objetivo de conocer la inversión inicial, necesaria para el cálculo del VAN, se ha realizado un presupuesto. En dicho presupuesto se incluyen tanto el coste de los elementos de la instalación, así como las labores de instalación de cada dispositivo y otros costes que se puedan derivar.

Por otro lado, el TIR es el indicador que hace que el VAN se anule. Dicha medida de rentabilidad refleja la viabilidad del proyecto en caso de solicitar un préstamo bancario, y su valor deberá ser superior a la Tasa Anual Equivalente (TAE) del préstamo para que la inversión tenga beneficios.

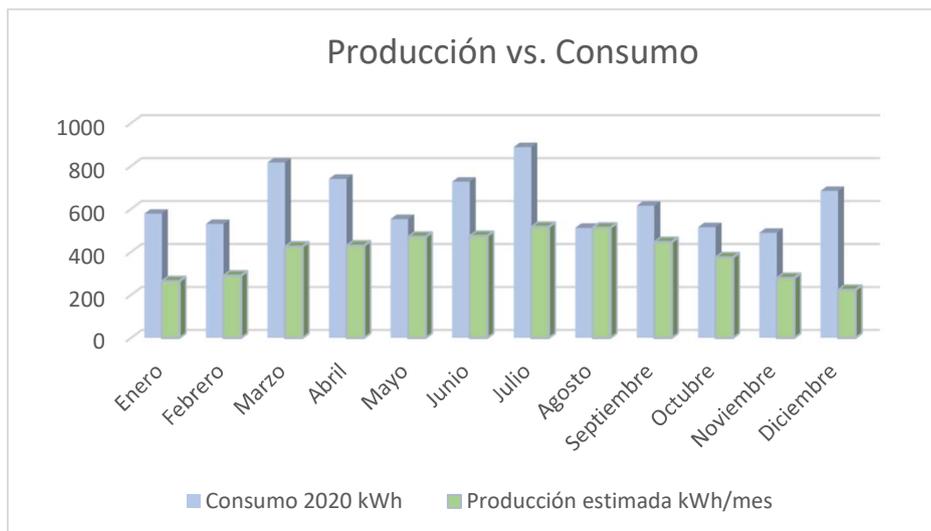
Por último, a través del Payback se ha calculado cuándo el proyecto comenzará a traer beneficios; es decir, cuándo se ha amortizado la inversión inicial.

Resultados

Los resultados obtenidos fruto de la simulación de producción de la instalación de placas solares se recogen en la tabla a continuación.

Periodo	Días	Consumo kWh	Producción estimada kWh/mes
Enero	31	578	263,76
Febrero	28	530	289,52
Marzo	31	816	424,87
Abril	30	740	429,21
Mayo	31	553	470,44
Junio	30	727	474,27
Julio	31	888	516,33
Agosto	31	512	512,81
Septiembre	30	615	446,16
Octubre	31	515	374,64
Noviembre	30	489	278,8
Diciembre	31	684	223,23
TOTAL		7647	4704,04

Se muestra que el total estimado de la producción son 4704,04 kW frente a los 7647 kW de consumo eléctrico. Por lo que la producción estimada de las placas solares supone un **61,52%** del consumo anual de la vivienda unifamiliar. Es decir, el ahorro derivado de la producción de la instalación será más de la mitad, dato bastante prometedor.



En el diagrama de barras se puede observar cómo la producción no constituye la totalidad del consumo, pero sí contribuye significativamente; especialmente en los meses de verano donde el índice de irradiación solar el mayor.

Por último, se recogen los resultados obtenidos del análisis financiero.

VAN	TIR	Payback
6 415,98 €	12,216%	8,606 años

En primer lugar, el VAN obtenido ha reflejado un valor de 6415,98 €. Este dato positivo confirma que el proyecto es efectivamente rentable. Esto queda confirmado con la Tasa Interna de Retorno, en la cual se ha obtenido un TIR de 12,216%. Este valor evidencia la viabilidad del proyecto, una vez más, ya que se encuentra muy por encima de la tasa de descuento que se consideró en su momento (4,5%).

Por último, se obtuvo a través del *Payback* que se amortizará la inversión inicial entre los años 8 y 9 de la vida útil de la instalación. En particular, en el año 8.606 años; es decir, aproximadamente partir de la mitad del octavo año.

Conclusiones

La finalidad primordial del proyecto era realizar una instalación de placas solares fotovoltaicas con el fin de suministrar al menos un 50% del consumo anual de la vivienda. El resultado la producción de las placas solares supondrá un 61,52% del consumo anual de la vivienda unifamiliar. En otras palabras, el ahorro en energía será superior a la mitad, superando las expectativas y objetivos iniciales del proyecto.

Además, todos los indicadores económicos indican que la instalación es viable y brindará beneficios en un futuro.

En conclusión, la instalación estudiada no sólo es una inversión atractiva y económicamente viable, sino que además es una fuente de energía limpia poco contaminante; lo cual justifica llevar a cabo el proyecto.

SAVINGS ON ENERGY CONSUMPTION OF AN INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PANELS

Author: Pérez Rodríguez, Carlota.

Director: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

PROJECT ABSTRACT

Introduction

The main goal of this project is to make the installation of photovoltaic solar panels in a single-family home, which is connected to the national electric power (Red Eléctrica Española) without surplus energy being economically retributed.

The aim is to produce enough electric energy for auto-consumption, supplying enough power to get at least a 50% savings in the total annual consumption of the house. It has been taken as a reference the last electric invoices of power consumption of the year 2020 in order to calculate future savings that will be earned due to the installation of the solar panels.

The house in question is located in the province of Guadalajara, house in which five members of the family live in. The location of the building is important because the levels of solar irradiance depend on the exact latitude and longitude coordinates of the house, and also have an effect on the production rates of the solar panels. Spain is an attractive territory for this kind of renewable energy. Particularly, the community of Castilla La Mancha does not only has good irradiance value numbers, but also has exceptional regulation that attracts investors and promotes the installation of solar panels.

Due to the photovoltaic effect, the aim of the installation will be to minimize the reflexion of light and maximize its absorption. Therefore, the properties and characteristics of the materials with which the solar panels are made will be of extreme importance.

In the designing phase of the project, the components of the installation have been chosen between several suppliers; hoping to obtain the best devices that will be the best fit for the particular characteristics of the house that is being analysed.

Once the components have been chosen, a technical analysis has been made of the installation. The results obtained were forecasted savings that will be studied later on, always making sure that they are within the safety margins of the installation.

Following the goals that have been set for this paper, a Study on the Economic Viability was made to determine the profitability of the project as well as the investment payback period. To do so, all costs and profits of the project have been analysed through a period of 25 years. The period length has been chosen due to the product life expectancy given by the supplier of the components of the installation.

The profitability of the project has been evaluated by the analysis of two economic indicators: the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR). The Payback method has also been used to notice how long will take for the initial investment to be recovered. All those calculations are made with the intention of making a decision: whether or not to make the installation of the project.

Finally, a study on the environmental impact has been made to portray the benefits of the solar energy. It is a clear source of energy that reduces the greenhouse effect gases, among others. In addition, a study on safety and health was developed according to the Spanish law and regulations. The aim is to provide the fundamental technical bases to set prevention parameters against labour risks.

Methodology

In the designing phase of the project, several components have been chosen: nine solar panels connected in series with a nominal electric power of 390 Wp, an inverter of 3.0 kW, and the corresponding protection devices, wiring and panel's structure.

The data related to the location of the house (latitude, longitude, solar irradiance, mean temperature, optimal inclination of the panels, etc.) as well as the data of the components has been following the recommendations of the "Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)". The IDAE establishes some guidelines for the calculation of the annual estimated production of energy with the use of solar panels. Specifically, it is established in a document called "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red", in which the following formula is presented:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Following the recommendations of the IDAE, an Excel document has been used to calculate the estimated production of solar energy of the installation. The results will be later on used for the calculations of the energy savings.

The profitability of the project has been evaluated by the analysis of two economic indicators: the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR).

The NPV takes into an account the future depreciation of the money referred to the current value of money, and it is calculated with the flow of cash and the rate of discount. In this case, a rate of discount of 4,5% has been fixed. The following formula is used to calculate said NPV.

$$NPV = \sum_{n=1}^{25} \frac{F_n}{(1+d)^n} - I_0$$

In order to calculate the NPV, the initial investment value needs to be discovered. Therefore, a detailed budget was made, including the cost of all the elements of the installation as well as the labour costs, etc.

On another matter, the IRR is the indicator that makes the NPV become zero. Said indicator portrays the profitability of the project in case of applying for a loan from a bank.

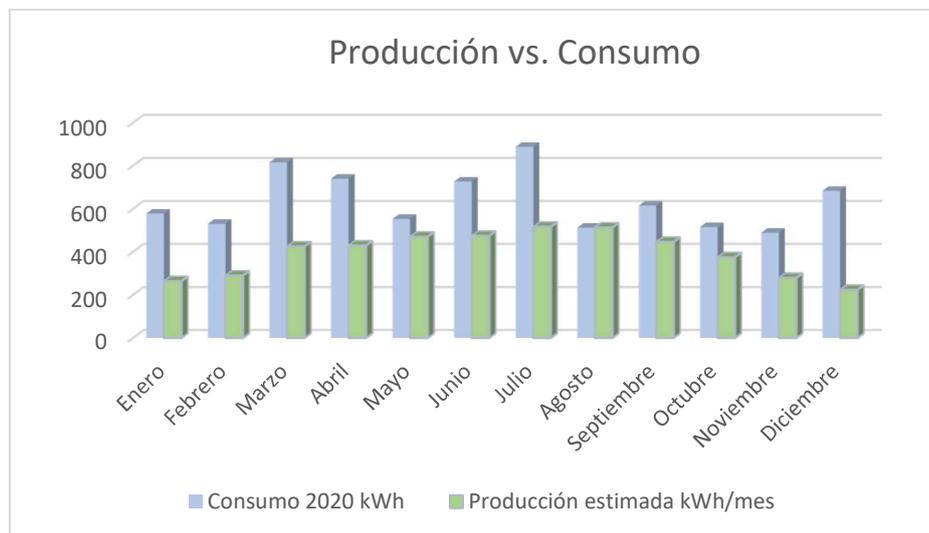
Finally, the Payback method has been calculated to understand how long will take for the initial investment to be recovered.

Results

The results obtained in the simulation of the installation's production are portrayed in the following table.

Period	Days	Consumption kWh	Estimated Production kWh/mes
January	31	578	263,76
February	28	530	289,52
March	31	816	424,87
April	30	740	429,21
May	31	553	470,44
June	30	727	474,27
July	31	888	516,33
August	31	512	512,81
September	30	615	446,16
October	31	515	374,64
November	30	489	278,8
December	31	684	223,23
TOTAL		7647	4704,04

The table shows that the total estimated production are 4704,04 kW against the 7647 kW of electrical consumption. Therefore, the estimated production of the solar panels contribute with **61,52%** of the total annual energy consumption of the house. In other words, the savings obtained are more than half of the total consumption value, which is a very promising piece of information.



In the diagram above, it can be observed how the production values do not reach all the consumption levels. However, they do contribute significantly; especially in the summer months that have high solar irradiance values.

Lastly, the results obtained in the financial analysis are put together in the table below.

NPV	IRR	Payback
6 415,98 €	12,216%	8,606 años

First of all, the NPV shows a value of 6415,98 €; which means that the project is profitable. This is confirmed by the IRR indicator obtained (12,216%), which is higher than the rate of discount used (4,5%).

Furthermore, the Payback shows that the initial investment of the project will be returned in 8.606 years.

Conclusions

The main goal of the project was to produce enough electric energy for auto-consumption, supplying enough power to get at least a 50% savings in the total annual consumption of the house. However, the estimated production of the solar panels has shown that they contribute with **61,52%** of the total annual energy consumption of the house. This means that the savings are more than half the total consumption and higher than what was originally expected.

Furthermore, all economic indicators convey that the project is viable and will bring profits in the future.

In conclusion, the project is not only attractive for investment; but also a clean, environment-friendly alternative that does not pollute as much. Because of all mentioned above, the project can be carried out by all means.

Documento I: MEMORIA



Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción y Antecedentes.....	5
1.1 Motivación del proyecto.....	7
Capítulo 2. Objetivos del Proyecto	8
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	9
Capítulo 4. Energía Solar.....	10
4.1 Radiación Térmica	11
4.1.1 La radiación solar.....	13
4.2 Energía Solar Fotovoltaica	14
4.2.1 El Efecto Fotovoltaico.....	15
4.3 Radiación Solar En España	17
Capítulo 5. Descripción del proyecto	21
5.1 Emplazamiento.....	21
5.2 Consumo Eléctrico	22
5.3 Autoconsumo con Instalación Fotovoltaica	23
Capítulo 6. Componentes	25
6.1 Paneles solares.....	25
6.1.1 Elección de los paneles	26
6.1.2 Orientación y Disposición de los Paneles.....	28
6.2 Estructura Soporte	29
6.3 Inversor.....	30
6.4 Cableado.....	32
6.4.1 Cableado de Continua- Criterio de Caída de Tensión.....	33
6.4.2 Cableado de Continua- Criterio de Calentamiento	34
6.4.3 Cableado de Alterna- Criterio de Caída de Tensión.....	36
6.4.4 Cableado de Alterna- Criterio de Calentamiento	37
6.5 Protecciones.....	37
6.5.1 Protecciones de Corriente Continua.....	39
6.5.2 Protecciones de Corriente Alterna.....	41
6.6 Puesta a Tierra.....	42

Capítulo 7. Análisis Técnico de la Instalación.....	44
7.1 Producción Anual Estimada	44
7.2 Análisis comparativo producción y consumo.....	47
Capítulo 8. Estudio de Viabilidad Económica.....	49
8.1 Inversión Inicial.....	49
8.2 Análisis Económico.....	51
Capítulo 9. Impacto Medioambiental	56
Capítulo 10. Estudio de Seguridad y Salud	58
10.1 Normativa.....	58
10.2 Principales Riesgos asociados y medidas preventivas	59
10.2.1 Trabajos en Altura.....	59
10.2.2 Uso de Herramientas Manuales	60
10.2.3 Contactos Eléctricos y/o Térmicos	61
Capítulo 11. Conclusiones.....	62
Capítulo 12. Bibliografía.....	63
ANEXOS.....	66

Índice de figuras

Figura 1: Compromiso financiero anual de Europa en Energías Renovables. (Fuente: IRENA).....	6
Figura 2: Espectro electromagnético. (Fuente: Apuntes Luis Mochón).....	11
Figura 3: Incidencia radiación solar directa	14
Figura 4: Esquema radiación solar en célula fotovoltaica. (Fuente: Google Imágenes)	16
Figura 5: Mapa de irradiancia solar global media en Europa. (Fuente: AEMET)	18
Figura 6: Irradiancia Global en España. (Fuente: ADRASE)	19
Figura 7: Irradiancia Global, Directa y Difusa en la provincia de Guadalajara. (Fuente: AEMET)	19
Figura 8: Potencia instalada fotovoltaica por Comunidad Autónoma. (Fuente: UNEF).....	20
Figura 9: Localización vivienda. (Fuente: Google Maps).....	21
Figura 10: Fachada de la vivienda. (Fuente: Google Maps)	21
Figura 11: Consumo en kWh de la vivienda en 2020	23
Figura 12: Panel solar monocristalino A-390M GS (Fuente: Atersa Shop).....	27
Figura 13: Estructura 9 Placas Cubierta Inclínada Coplanar Teja KHT915. (Fuente: Sunfer)	29
Figura 14: Inversor Red SMA Sunny Boy 3.0kW AV-41 (Fuente: Autosolar).....	31
Figura 15: Esquema sistema básico (Fuente: Autosolar)	32
Figura 16: Intensidades admisibles ITC BT-19. (Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología)	35
Figura 17: Fusible 16 A. Fuente: Schneider Electric.....	40
Figura 18: Interruptor magnetotérmico. Fuente: ABB	41
Figura 19: Interruptor diferencial. Fuente: ABB	42
Figura 20: Diagrama de barras de la Producción frente al Consumo.....	47
Figura 21: Evolución temporal de la inversión	54
Figura 22: Factores de emisión de CO ₂ y coeficientes de paso a energía primaria. (Fuente: IDAE)	56
Figura 23: Factores de emisión de CO ₂ y coeficientes de paso a energía primaria en Renovables. (Fuente: IDAE)	57

Índice de tablas

Tabla 1: Ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica. (Fuente: Grupo NAP)	15
Tabla 2: Consumo en kWh de la vivienda en 2020	22
Tabla 3: Características eléctricas del módulo A-390M GS	28
Tabla 4: Datos técnicos del inversor Sunny Boy 3.0	31
Tabla 5: Resultados de la Estimación de la Producción	45
Tabla 6: Comprobación restricciones configuración eléctrica	45
Tabla 7: Comprobación restricciones Potencia del campo fotovoltaico	46
Tabla 8: Comparación Estimación de la producción vs. Consumo	47
Tabla 9: Inversión inicial	50
Tabla 10: Cálculo del ahorro económico	51
Tabla 11: Análisis de Rentabilidad	52
Tabla 12: Resultados análisis económico	53

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La energía del Sol es el origen de la mayoría de las fuentes de energías renovables, induce el movimiento del viento (energía eólica) y del agua (hidroeléctrica), el crecimiento de las plantas, etc. Por lo tanto, no sólo es fuente de la propia energía solar, sino que es la principal fuente de vida en la Tierra.

A pesar de su potencial, tanto en España como en Europa, la energía solar ha contribuido escasamente en el abastecimiento de electricidad. Aunque quede un largo camino por recorrer, en las últimas décadas se ha impulsado el desarrollo de dichas nuevas tecnologías. Especialmente desde la década de los ochenta, se produjo un importante avance en el desarrollo de la industria dedicada a la producción de material necesario para la producción de electricidad fotovoltaica.

Específicamente en España, con el Plan de Fomento de las Energías Renovables y el posterior Real Decreto de 2004, la energía fotovoltaica se convirtió en fuente de inversión por los beneficios económicos que brindaba. Sin embargo, a partir del año 2007 con el Real Decreto 1578/2008 y posteriormente en 2010 la aprobación del 14/2010, el sector comenzó una fase de declive. La retribución de energía para grandes instalaciones llegó a reducirse en un 45%.

Aun así, en los últimos años se ha apostado por invertir en el desarrollo de energías renovables, especialmente en la solar. En la siguiente figura, proporcionada por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés), se puede apreciar como la energía solar es la segunda que más inversión ha atraído, después de la eólica.

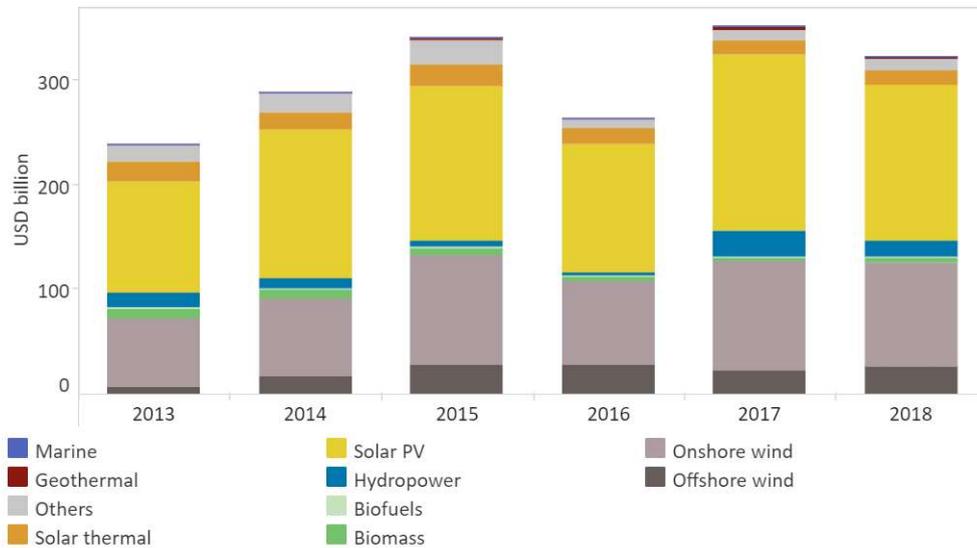


Figura 1: Compromiso financiero anual de Europa en Energías Renovables. (Fuente: IRENA)

Por otro lado, según los datos registrados por la Unión Española Fotovoltaica (UNEF), en España se instalaron hasta 596MW el año pasado (2020) en instalaciones de autoconsumo. Esta cifra supone un incremento del 30% con respecto al 2019, año que contó con una potencia instalada de 459MW.

En cuanto a planes de futuro, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 define los objetivos de penetración de energías renovables y eficiencia energética para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Según el Plan, se prevé una potencia instalada de 39 GW en energía solar fotovoltaica.

Los principales objetivos para el año 2030 son:

- 42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final
- 39,5% de mejora en eficiencia energética
- 74% de energías renovables en generación eléctrica
- 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (tomando como referencia los datos del año 1990).

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Como se ha mencionado anteriormente, el sector de la energía solar fotovoltaica continúa desarrollándose y existen planes para impulsar su crecimiento para el 2030. Precisamente el auge de esta industria ha sido una de las principales motivaciones para desarrollar este proyecto.

Actualmente, la palabra *sostenibilidad* es conocida por todos, pero entendida por pocos. El apostar por energías renovables atrae hoy en día a más inversores que hace unos años, pero sigue siendo una visión a futuro la transición energética hacia una economía baja en emisiones. Por ello, es necesario empezar a construir modelos de negocios limpios, inteligentes y fiables que reflejen el compromiso con el medio ambiente y su crecimiento futuro. Pero no son sólo las grandes empresas las que tienen un reto que afrontar, sino que la belleza de la energía fotovoltaica está en que se puede aplicar a nivel de consumo individual.

Además del constante crecimiento de este sector y el impacto medioambiental que conlleva, también han sido alicientes para la realización de este proyecto el impacto tecnológico y económico de la energía fotovoltaica.

Desde un punto de vista más técnico, los avances en la tecnología de las placas solares y todos los elementos que componen una instalación es extraordinario. El rendimiento actual de los paneles solares es cada vez más elevado. Además, los costes de una instalación se han abaratado en los últimos años, estando al alcance de más personas.

Por todo ello, se ha encontrado muy interesante profundizar más en este tema y estudiar la verdadera rentabilidad y viabilidad de un proyecto como este a nivel particular; es decir, en una instalación para una vivienda unifamiliar.

Capítulo 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto consiste en realizar una instalación de placas solares fotovoltaicas en una vivienda unifamiliar sin vertido a red. El fin será producir suficiente energía eléctrica para autoconsumo, suministrando potencia que suponga un ahorro de al menos 50% de los consumos requeridos por la vivienda.

Además, se estudiará tanto la viabilidad del proyecto en un estudio de análisis financiero como la rentabilidad del mismo, es decir, el tiempo de retorno de la inversión inicial. La energía solar fotovoltaica es conocida por ser una de las opciones con mayor viabilidad económica, ya que se caracteriza por brindar un gran ahorro económico una vez amortizada la inversión inicial.

Mas no es el único objetivo el de obtener un beneficio económico, sino que también se pretende obtener un beneficio medioambiental. Tal y como se estudiará más adelante, la solar fotovoltaica es una de las energías menos contaminantes que emiten menos gases de efecto invernadero; y por tanto, una de las fuentes más limpias de energía.

Con los mencionados objetivos en mente, la estructura del presente proyecto se divide en grandes bloques. En primer lugar, se estudiará la situación actual de las energías renovables, y de la fotovoltaica en particular. Después de un análisis del principio de funcionamiento basado en el efecto fotovoltaico y la radiación solar, se procederá a la fase de diseño y dimensionamiento de los componentes que deberán formar parte de la instalación fotovoltaica. En tercer lugar, se realizará el análisis técnico de los resultados de producción de la instalación. Culminando, por último, con tres estudios: el de viabilidad económica, un estudio seguridad y salud, y un análisis del impacto medioambiental del proyecto.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el presente contexto energético y medioambiental mundial, la búsqueda por reemplazar los combustibles fósiles y aquellas fuentes de energía más contaminantes ha dado pie al desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos sistemas de producción de energía impulsando el uso de las renovables.

Tanto en España como en Europa se está apostando por un cambio hacia un futuro más sostenible, el cual viene irremediamente de la mano de gestionar eficientemente los recursos energéticos disponibles.

En este contexto, es innegable el potencial del Sol como fuente de energía limpia. No sólo es conveniente porque no degrada el medio ambiente, sino que también es inagotable y abundante. De hecho, la superficie terrestre recibe una potencia de más de 50.000 TW del Sol; siendo esta una cantidad diez mil veces mayor que la energía utilizada en todo el mundo.

Este proyecto se va a enfocar en la energía solar fotovoltaica; sin embargo, antes de entrar en detalle sobre la radiación solar y el principio de funcionamiento de la fotovoltaica, se va a analizar cuál es el estado de la cuestión en España en cuanto a la energía solar.

Capítulo 4. ENERGÍA SOLAR

La energía solar se define, según la Real Academia Española (RAE), como la energía contenida en la radiación solar. El uso y aprovechamiento que se hace de la radiación solar por medio de diversas tecnologías clasifica a la energía solar en dos grandes grupos: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

En primer lugar, la Energía Solar Térmica consiste en el aprovechamiento de la radiación solar produciendo un calor útil. A partir de captadores solares, dicho calor útil se utiliza para calentar un fluido (típicamente agua o aire). El fluido calentado puede tener diversos usos. Se puede destinar al consumo doméstico (calentar piscinas, agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración por absorción, etc.); también se puede aprovechar para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico; o para generar energía eléctrica a través de un alternador.

En segundo lugar, se tiene la Energía Solar Fotovoltaica. Esta es definida según la RAE como la electricidad generada a partir de la radiación solar gracias a la tecnología fotoeléctrica, que permite la liberación de electrones tras la absorción de la radiación solar por placas de Silicio. Desde un punto de vista más técnico, la energía solar fotovoltaica aprovecha el efecto fotovoltaico para generar una corriente eléctrica continua, la cual es transformada posteriormente en corriente alterna. Esta corriente se puede utilizar tanto para suministrar electricidad en instalaciones, o se puede inyectar a la red eléctrica.

El presente proyecto se enfoca en la energía solar fotovoltaica, por lo que el estudio en profundidad del principio de funcionamiento de las placas fotovoltaicas es de gran relevancia. Pero antes de entrar en detalle del funcionamiento de las células solares, se debe estudiar qué es y cómo funciona la radiación solar, la cual es el origen de todo.

4.1 RADIACIÓN TÉRMICA

La radiación térmica, también conocida como calor radiante, es energía en forma de ondas electromagnéticas la cual es emitida por toda la materia. Esta radiación viaja a la velocidad de la luz en el vacío y se caracteriza por dos parámetros: su frecuencia f y su longitud de onda λ . La relación entre dichos parámetros viene dada por la velocidad de propagación c en la siguiente fórmula:

$$\lambda = c \cdot f$$

Existen diferentes ondas electromagnéticas, hay una amplia variedad cada una con un rango de espectro diferente, tal y como se muestra en la figura a continuación.

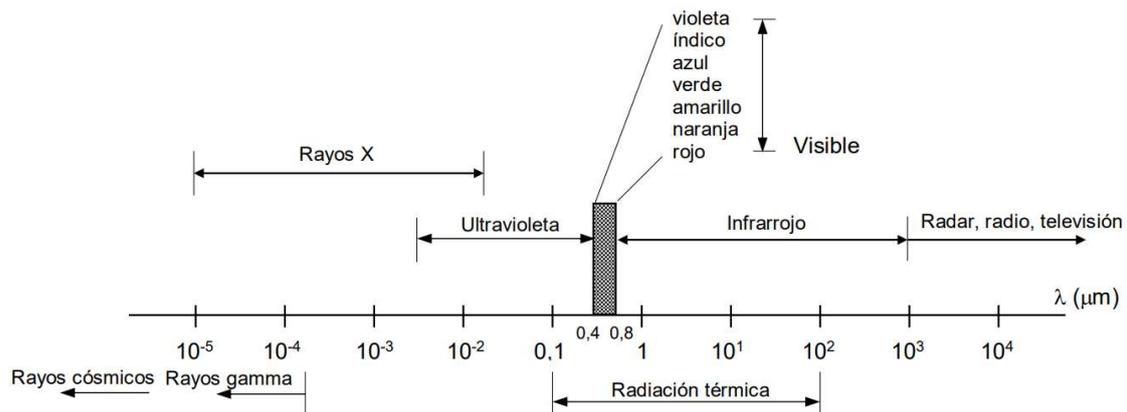


Figura 2: Espectro electromagnético. (Fuente: Apuntes Luis Mochón)

Lo que conocemos como luz es la radiación visible del espectro electromagnético, la cual se encuentra entre 0,40 y 0,76 μm . Todos los cuerpos que emiten radiación visible se denominan fuentes luminosas y el Sol es la principal fuente entre estas.

En cuanto a la radiación térmica, esta abarca el intervalo comprendido entre 0,1 y 100 μm ; por lo que todos los cuerpos emiten calor en ese intervalo de longitud de onda.

La radiación térmica se rige por la ley de Stefan-Boltzmann. Según dicha ley, la potencia térmica emitida por un cuerpo con determinada área y temperatura superficial está dada por la siguiente ecuación:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \text{ [W]}$$

Donde:

- q: potencia térmica en W
- ε : emisividad o emitancia (siempre comprendida entre cero y uno dependiendo del material de la superficie).
- σ : constante de Stefan-Boltzmann de valor $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
- A: área del cuerpo en metros cuadrados
- T_s : temperatura superficial del cuerpo en grados Kelvin

En radiación es habitual trabajar con potencias por unidad de área, razón por la cual se utiliza un nuevo parámetro E dejando la Ley de Stefan-Boltzmann como se muestra a continuación.

$$E = \frac{q}{A} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

La máxima potencia radiante emitida se da cuando $\varepsilon=1$, valor que alcanzan sólo los denominados cuerpo radiante ideal o cuerpo negro. Este cuerpo negro es una idealización y no sólo tiene una emisividad igual a la unidad, sino que también absorbe toda la radiación incidente.

Además, el cuerpo negro es un emisor difuso (emite con igual intensidad en todas las direcciones), el cual ni refleja ni es atravesado por ninguna fracción de energía radiante.

4.1.1 LA RADIACIÓN SOLAR

Según el IDAE, la radiación solar se define como la energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el Sol es fuente innegable de energía a través de la radiación que emite como cuerpo radiante. Es un cuerpo casi esférico con una masa de $2 \cdot 10^{30}$ kg y un diámetro $1,39 \cdot 10^9$ metros. El Sol emite radiación a la Tierra, la cual está a $1,50 \cdot 10^{11}$ metros de distancia, a razón de $3,8 \cdot 10^{26}$ W. Sin embargo, no toda la radiación llega a la Tierra, sino sólo una mil millonésima parte de esta en torno a $1,7 \cdot 10^{17}$ W.

La energía solar que llega a la Tierra se llama irradiancia solar (G_0), y su valor se mide sobre una superficie perpendicular a los rayos del Sol cuando la Tierra está a una distancia media del Sol. El valor de la irradiancia solar es $G_0 = 1353 \text{ W/m}^2$.

Cabe destacar que la radiación solar que llega a la superficie terrestre sufre atenuaciones debido a los fenómenos de la absorción y la dispersión. En primer lugar, como resultado de las absorciones que se producen por la presencia de gases como el oxígeno, el ozono y el dióxido de carbono, entre otros, la energía solar que llega a la superficie terrestre está considerablemente debilitada. En segundo lugar, la dispersión es también un mecanismo de atenuación al producir reflexión difusa de la radiación solar. Esta se produce por partículas como polvo, gotas de agua o incluso moléculas de aire.

La energía solar que llega a la superficie tiene dos partes. La primera es la radiación solar directa, la cual es la parte que alcanza la superficie terrestre sin ser absorbida ni dispersada por la atmósfera. Por otro lado, la segunda es la radiación solar difusa; la cual está constituida por la radiación dispersada en la atmósfera.

Por lo tanto, la radiación solar que incide sobre la superficie (por unidad de área) viene determinada por la siguiente ecuación:

$$G_s = G_{s_Directa} \cdot \cos(\beta) \cdot G_{s_difusa}$$

Donde beta (β) es el ángulo que forman los rayos solares con la perpendicular a la superficie, tal y como se muestra en la Figura 3.

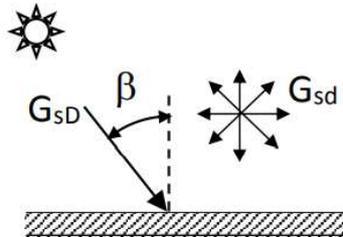


Figura 3: Incidencia radiación solar directa

De la fórmula de la radiación solar y la figura anterior se puede concluir que el grado de inclinación es importante para la intensidad de la radiación. Cuanto más oblicuo sea, la intensidad de radiación solar será menor y viceversa.

4.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Como ya se ha mencionado anteriormente, la Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones.

El Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, en particular el Grupo de Nuevas Actividades Profesionales (NAP), presenta un informe en el que destaca las siguientes ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica. Dichas características de este tipo de energía se recogen en la siguiente tabla.

Ventajas	Inconvenientes
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Difícil almacenamiento
Subvenciones	Proceso de fabricación de módulos complejo y caro
Corto ay-back de la energía	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatología y época del año

Tabla 1: Ventajas e inconvenientes de la Energía Solar Fotovoltaica. (Fuente: Grupo NAP)

4.2.1 EL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico es el efecto fotoeléctrico determinado por una corriente eléctrica que se produce entre dos piezas de distinto material, las cuales están en contacto y expuestas a la radiación electromagnética.

Este efecto comienza cuando un fotón (una partícula de luz radiante que incide) impacta contra un electrón de la última órbita de un átomo de Silicio. Este último electrón mencionado se denomina “electrón de valencia”. El objetivo que se pretende es que los electrones consigan vencer la fuerza que les atrae al núcleo, para así desplazarse por el material conductor.

Las células solares están hechas de materiales semiconductores, donde se encuentran los electrones ocupando la “banda de valencia”. Cuando se aplica suficiente energía (como mínimo 1,2 electronvoltios), el enlace se rompe el Silicio adquiere propiedades de un

material conductor y el electrón pasa a una nueva banda de energía llamada “banda de conducción”.

Lo que se conoce como cargas eléctricas se generan cuando el electrón viaja a través del material conductor, dejando un hueco que puede ser ocupado por otro electrón liberado.

Para poder utilizar beneficiosamente estas cargas eléctricas, se necesita un campo eléctrico con polaridad constante. Este campo será el encargado de impulsar las partículas en un mismo sentido y en el opuesto a los huecos, generando así la corriente eléctrica.

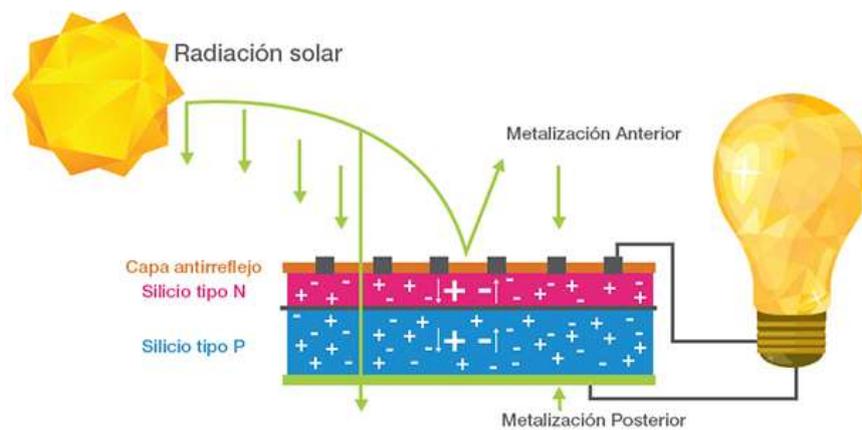


Figura 4: Esquema radiación solar en célula fotovoltaica. (Fuente: Google Imágenes)

La estructura típica de una célula solar es una unión p-n que se obtiene al juntar materiales semiconductores de tipo p con los de tipo n. El flujo de electrones crea una diferencia de potencial que después puede aprovecharse para generar la corriente eléctrica.

Lo que se conoce comercialmente como módulos fotovoltaicos son las células solares interconectadas y encapsuladas. Dichos módulos producirán corriente continua, que después se transformará en alterna mediante el uso de un inversor.

Por último, cabe destacar que existen pérdidas inevitables durante el funcionamiento del efecto fotovoltaico. Cuando el fotón incide contra la célula fotovoltaica se produce una pérdida energética en el fotón. Por ello, algunos electrones no son liberados porque no alcanzan la energía necesaria (energía de valencia). Por otro lado, existen otros fotones que

atraviesan la lámina, pero nunca colisionan con ningún electrón. Por último, debido al efecto de la reflexión, también se producen pérdidas en el proceso.

En conclusión, el objetivo será minimizar la reflexión de la luz y maximizar su absorción; por lo que las propiedades y características del material con el que se fabrican las células solares será de vital importancia.

4.3 RADIACIÓN SOLAR EN ESPAÑA

El sector de la Energía Fotovoltaica en España ha cambiado bastante en las últimas décadas. La situación del mercado energético actualmente se encuentra en fase de transición, al igual que otros países de Europa.

España siempre ha estado al principio de la lista de los países que lideran el sector energético, especialmente en cuanto a energía solar fotovoltaica se refiere. La energía solar fotovoltaica en la península comenzó a desarrollarse de forma significativa en las décadas de los setenta y ochenta. Aunque el mayor crecimiento lo experimentó a finales de 1999 con la aprobación del Plan Fomento de las Energías Renovables. De hecho, en el año 2008, España era el país con mayor potencia fotovoltaica instalada del mundo. Sin embargo, después del conocido *Boom de la Fotovoltaica* en las décadas del 2000-2010, la legislación española no acompañó el crecimiento exponencial de dicha fuente de energía. Lo que atrajo en su momento a una gran cantidad de inversores extranjeros que querían invertir en España, acabó promoviendo un marco regulatorio que frenara dicho desarrollo desmesurado.

A pesar de todo, la energía solar fotovoltaica representa a medio y largo plazo una buena oportunidad de negocio en el territorio español. Especialmente en algunas comunidades del país como Castilla-La Mancha, Extremadura o Andalucía, en las cuales se ha seguido aumentando la potencia instalada en centrales fotovoltaicas.

Por otro lado, dejando atrás temas burocráticos y de regulación legislativa, el territorio español es perfecto para el desarrollo de la energía fotovoltaica. Esto se debe a sus características de clima que presentan una elevada irradiación solar, amplias superficies,

elevadas temperaturas, entre otras; las cuales son condiciones muy favorables para el aprovechamiento de la energía solar.

En cuanto a la irradiación, según el IDAE se define como “la energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m”. El nivel de irradiación solar en España está bastante por encima de la media de otros países de la zona europea, incluso en el norte del país que es donde se encuentran valores más bajos del territorio español.

A continuación, se muestra un mapa de la irradiancia global media en Europa. En este se puede apreciar cómo España es uno de los países con valores más elevados; lo cual convierte al país en candidato perfecto para invertir en energía fotovoltaica.

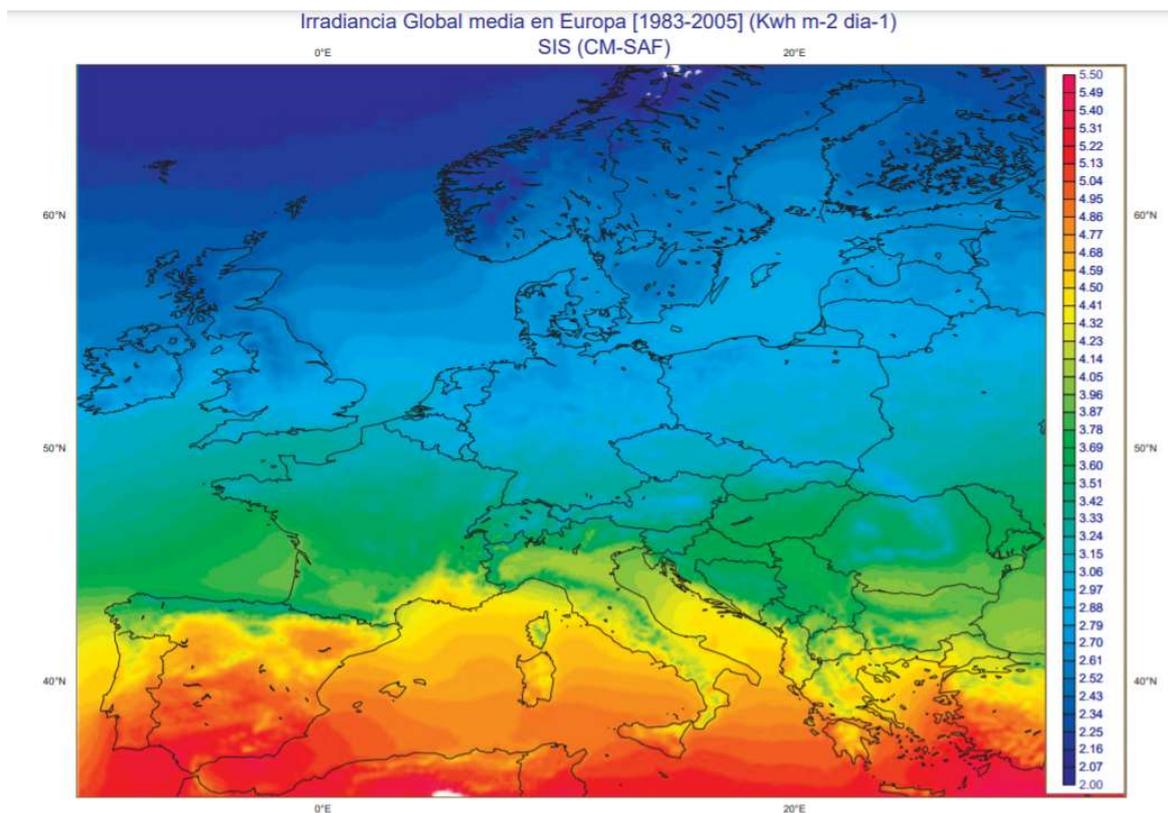


Figura 5: Mapa de irradiancia solar global media en Europa. (Fuente: AEMET)

Entrando más en detalle en la provincia de España, se tiene la siguiente figura proporcionada por el Acceso a Datos de Radiación Solar en España (ADRASE). En dicha imagen se pueden distinguir los diferentes niveles de irradiancia según cada provincia del territorio.

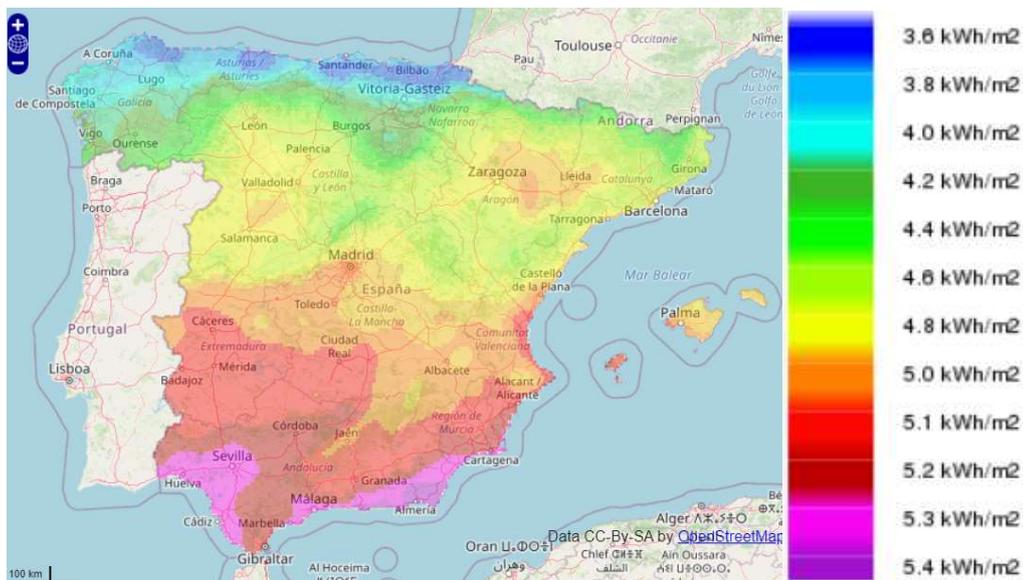


Figura 6: Irradiancia Global en España. (Fuente: ADRASE)

En cuanto a este proyecto, la instalación solar va a estar ubicada en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. Particularmente, en la provincia de Guadalajara, en la cual se puede apreciar buenos valores de irradiancia.

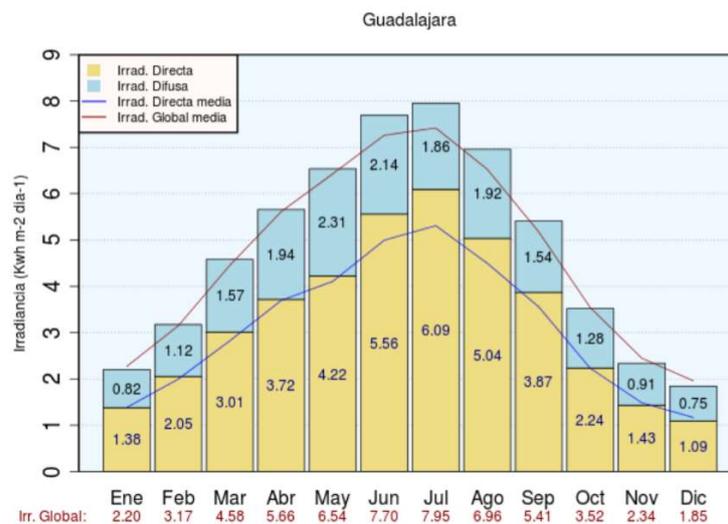


Figura 7: Irradiancia Global, Directa y Difusa en la provincia de Guadalajara. (Fuente: AEMET)

Aunque no sean los valores de irradiancia más elevados de la península, sí que es la Comunidad Autónoma con más potencia fotovoltaica instalada, tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen proporcionada por Unión Española Fotovoltaica (UNEF).

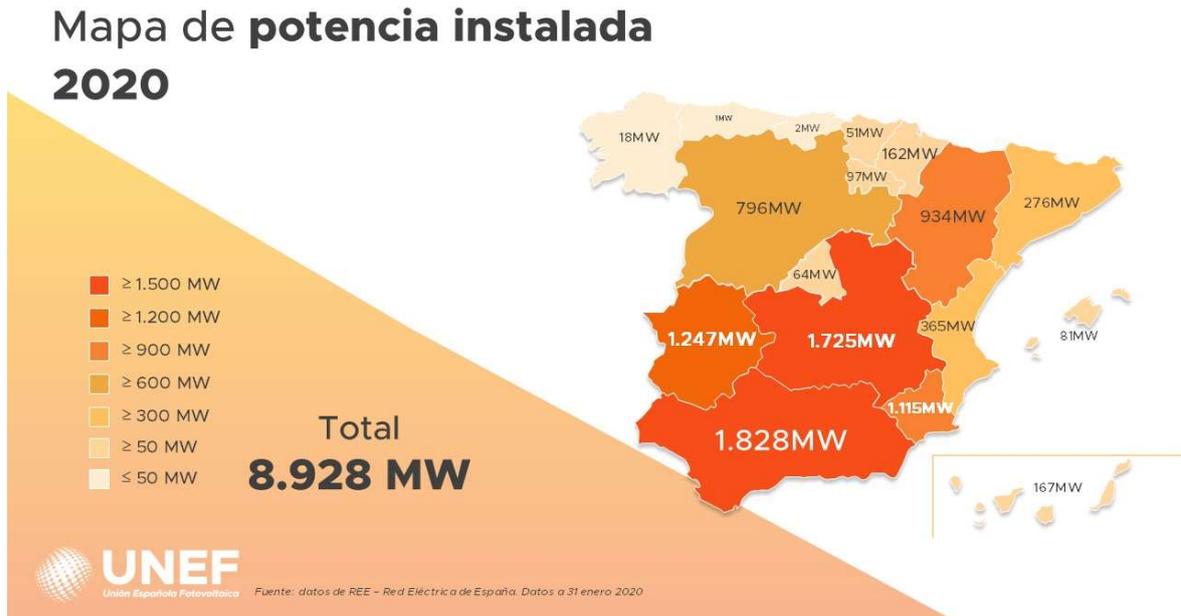


Figura 8: Potencia instalada fotovoltaica por Comunidad Autónoma. (Fuente: UNEF)

Capítulo 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1 EMPLAZAMIENTO

La instalación se realizará en una vivienda unifamiliar situada en la Urbanización El Coto, localidad El Casar. Dicha vivienda está situada en la provincia de Guadalajara, España.

La dirección exacta es: Avenida Roma nº 900, 1970 El Casar, Guadalajara, España.

Coordenadas: 40.709174189791796, -3.4432575622957584

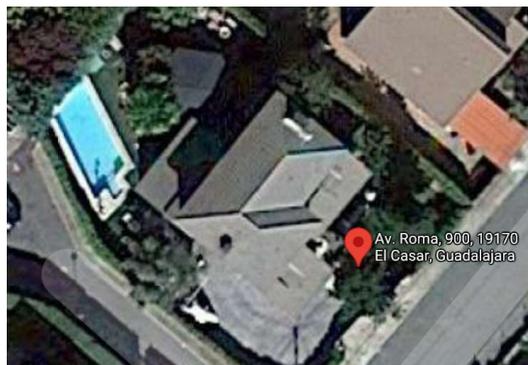


Figura 9: Localización vivienda. (Fuente: Google Maps)



Figura 10: Fachada de la vivienda. (Fuente: Google Maps)

5.2 CONSUMO ELÉCTRICO

Antes de poder seleccionar los componentes que van a componer la instalación de las placas fotovoltaicas, es necesario analizar la demanda energética anual que tiene este tipo de viviendas unifamiliares.

En concreto, se han empleado los datos del consumo de las facturas eléctricas de la vivienda de los meses correspondientes al año 2020. A continuación, se muestran dicha información en la Tabla 2.

Periodo	Días	Consumo kWh
Enero	31	578
Febrero	28	530
Marzo	31	816
Abril	30	740
Mayo	31	553
Junio	30	727
Julio	31	888
Agosto	31	512
Septiembre	30	615
Octubre	31	515
Noviembre	30	489
Diciembre	31	684
TOTAL		7647

Tabla 2: Consumo en kWh de la vivienda en 2020

Cabe resaltar, tal y como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los meses de mayor consumo son junio y julio, junto con marzo y abril. Los dos primeros no son sorprendentes, ya que corresponden a meses de verano en los que el consumo eléctrico suele ser mayor. Sin embargo, los meses de marzo y abril son inusualmente altos. Esto se debe a la situación excepcional del Estado de Alarma causada por la pandemia Covid-19. En estos meses la población estaba confinada en sus viviendas, lo cual explica el aumento de kWh consumidos.



Figura 11: Consumo en kWh de la vivienda en 2020

5.3 AUTOCONSUMO CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Existen dos formas básicas de utilizar la energía eléctrica generada a partir de los módulos fotovoltaicos: instalaciones aisladas e instalaciones conectadas a red.

En cuanto a las primeras, son aquellas que requieren del uso de baterías para almacenar la energía y poder disponer de ella en el momento que se necesite. El hecho de ser una instalación aislada implica estar completamente desconectado de la red eléctrica, por lo que no se puede depender de ella para cubrir la demanda energética. Por ello, estas instalaciones son completamente autosuficientes. La principal ventaja es que se elimina la dependencia de las compañías eléctricas como suministradores. Sin embargo, suponen una inversión inicial bastante mayor por la compra de material adicional (como por ejemplo las baterías) y de mayor rendimiento (ya que se tiene que cubrir la totalidad de la demanda eléctrica).

Por ello, en instalaciones de viviendas unifamiliares es más común el uso de conexión a red; y este será el caso que atiene al presente proyecto. Una instalación de autoconsumo conectada a la red es aquella que comparte infraestructura o algún tipo de conexión a la red de distribución, en este caso, la Red Eléctrica Española.

El objetivo del autoconsumo consiste en ahorrar lo máximo posible en la factura de la luz y poder generar energía limpia y sostenible a largo plazo, sin llegar a ser completamente autosuficiente.

Aunque se instalen las placas fotovoltaicas para generar una parte del consumo eléctrico de la vivienda a través de la energía solar, esta es sólo una parte del consumo total de la residencia. Por lo tanto, la conexión a la red será indispensable. La ventaja es que al no tener que satisfacer ninguna demanda de consumo de forma directa ni garantizar el mismo, no necesitan incorporar equipos de acumulación de energía. Para permitir el correcto acoplamiento con la red eléctrica estos sistemas incorporan un inversor que transforma la potencia producida por el generador fotovoltaico a las condiciones de la red convencional (de corriente continua a alterna).

El autoconsumo con conexión a red puede ser con o sin excedentes.

- **Con excedentes vertidos a red y sin compensación:** esta modalidad consiste en vender el excedente de energía directamente en el mercado eléctrico. Es obligatorio para instalaciones superiores a 100kW y es voluntario para el resto. Sin embargo, no se suele utilizar en instalaciones residenciales ya que no se generan suficientes excedentes para que la venta de la energía sea rentable.
- **Con excedentes vertidos a red y compensación:** esta modalidad consiste en vender el excedente de energía a la compañía eléctrica al precio que se haya pactado anteriormente.
- **Sin excedentes y sin compensación:** son aquellas instalaciones fotovoltaicas donde el consumidor es el único titular de la instalación y el único que consume la energía producida.

Para el caso particular de este proyecto, se ha decidido que no haya vertido a la red. Se ha tomado esta decisión ya que para los datos de consumo y generación de esta vivienda no se consideran significantes los beneficios en comparación con la inversión inicial requerida; así como la redacción del contrato con la compañía eléctrica. Por lo tanto, la instalación de este proyecto será de **autoconsumo conectada a red sin compensación por excedentes**.

Capítulo 6. COMPONENTES

Una adecuada elección de los componentes que van a componer la instalación de las placas solares fotovoltaicas es clave para obtener el ahorro energético deseado, así como el correcto funcionamiento de la instalación. Por ello, se han elegido los siguientes componentes realizando un análisis de cuáles son los mejores dispositivos en el mercado. Además, se han realizado los cálculos necesarios para el correcto diseño de la instalación de acuerdo con las necesidades de la vivienda unifamiliar en cuestión.

6.1 *PANELES SOLARES*

Existen tres tipos de paneles solares fotovoltaicos: monocristalinos, policristalinos y amorfos.

- **Paneles monocristalinos:** destacan por su alta sensibilidad a la captación solar, lo cual los hace idóneos para climas nublados o con tendencia inestable. El material de estos paneles es Silicio Monocristalino, el cual está dispuesto formando finas láminas que constituyen la célula fotovoltaica. El rendimiento de estos paneles es alto, superior al de los paneles policristalinos, lo cual se traduce en un ligero aumento de precio con respecto a los policristalinos.
- **Paneles policristalinos:** se encuentran en segundo lugar en cuanto a calidad. Aunque tienen un rendimiento inferior al de los paneles monocristalinos, son más económicos y tienen mejor resistencia al sobrecalentamiento. Por ello, se suelen utilizar en lugares cálidos. Estos paneles están compuestos por cristales de Silicio y se caracterizan por sus células de color azul oscuro.
- **Paneles Amorfos:** son la alternativa más económica pero menos eficiente. Están formados por Silicio amorfo (no cristalino), el cual se caracteriza por captar más radiación difusa que los cristalinos convencionales.

Teniendo en cuenta todas las características mencionadas de los tres tipos de paneles solares fotovoltaicos, se ha optado por utilizar un panel MONOCRISTALINO. Los paneles amorfos quedan descartados debido a su falta de eficiencia en cuanto a rendimiento. Además, debido al clima de la provincia de Guadalajara (el cual no es excesivamente frío, pero tampoco especialmente cálido) se ha optado por descartar los paneles policristalinos.

El incremento de precio de los monocristalinos con respecto a los policristalinos se ha considerado asumible, ya que los primeros tienen un mejor rendimiento y supondrán más beneficios a largo plazo.

6.1.1 ELECCIÓN DE LOS PANELES

Una vez adoptada la elección de optar por paneles monocristalinos, se ha de escoger qué módulo de panel en concreto se quiere utilizar en la instalación. En este caso, se utilizará el módulo fotovoltaico **A-390M GS** de Atersa. La compañía Atersa es la filial de Elecnor especialidad en energía solar fotovoltaica. Además, es considerada un gran referente en el sector ya que cuenta con más de 35 años de experiencia.

En particular, los paneles monocristalinos A-390M GS pertenecen a la gama de paneles más avanzada de la empresa, y cuenta con las siguientes ventajas:

- Alta eficiencia del módulo y potencia de salida estable.
- Funcionamiento eléctrico excepcional en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Riguroso control de calidad. El panel está respaldado por la certificación CEI, y cumple con todas las directrices europeas.
- Cuenta con un periodo de garantía de 25 años en rendimiento y 10 años contra defectos de fabricación.



Figura 12: Panel solar monocristalino A-390M GS (Fuente: Atersa Shop)

Los paneles escogidos están compuestos por 72 células monocristalinas con un tamaño de 158,75mm x 158,75 mm. Las células están fabricadas a partir de silicio puro fundido, y el marco del módulo está compuesto por una aleación de aluminio anodizado. El módulo tiene un peso en torno a 22,5 kg y unas dimensiones 1979x1002x40 mm.

En la Tabla 3, se han recogido las características eléctricas de la placa, las cuales se explican a continuación.

- **Potencia máxima:** es la potencia máxima que puede suministrar el panel (es el producto entre la tensión por la corriente de salida del módulo).
- **Intensidad de cortocircuito (I_{cc}):** máxima intensidad que se puede obtener en un panel. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida 0V).
- **Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{pmp}):** se corresponde con el valor de corriente para la potencia máxima.
- **Tensión en circuito abierto (V_{oc}):** es el máximo valor de voltaje que se mediría en un panel si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo (circuito abierto, intensidad 0A).

- **Tensión en el punto de máxima potencia (V_{pmp}):** se corresponde con el valor de tensión para la potencia máxima. Se trata aproximadamente del 80% de la tensión en circuito abierto.
- **Coefficiente de Temperatura:** es la pérdida porcentual de tensión de máxima potencia por cada grado de diferencia entre la temperatura de referencia y la temperatura de operación de las células.
- **Eficiencia:** es un parámetro que mide la cantidad de energía de radiación incidente sobre el panel que es capaz de convertirse en potencia eléctrica.

MÓDULO	A-390M GS
Potencia Nominal	390 W _p
Corriente en cortocircuito (I_{cc})	10,12 A
Corriente máxima Potencia (I_{pmp})	9,49 A
Voltaje en circuito abierto (V_{oc})	49,30 V
Tensión máxima Potencia (V_{pmp})	41,10 V
V_{oc} (-10 °C)	49,31 V
Coef T^a	-0,37 mV/°C
Eficiencia del módulo (%)	19,67%

Tabla 3: Características eléctricas del módulo A-390M GS

6.1.2 ORIENTACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LOS PANELES

Los paneles se orientarán hacia el Sur con una inclinación de 30°. Esta es la orientación óptima, ya que el porcentaje de pérdidas producido por sombras en el panel será igual a cero.

Por otro lado, en cuanto a la disposición de los paneles y cuántos módulos se utilizarán, se ha utilizado la hoja de cálculo de Excel (más adelante explicada en el Capítulo 6) como herramienta para determinar estos factores.

En dicho documento se han introducido el módulo de inversor y módulo de placa fotovoltaica a utilizar, junto con sus características técnicas. Con las condiciones y restricciones que cada elemento impone para el correcto funcionamiento de la instalación, se ha realizado la simulación. Como resultado, con el objetivo de obtener viables y óptimos

resultados en la producción, se utilizarán 9 paneles en serie con una única línea en paralelo como disposición de la planta.

6.2 ESTRUCTURA SOPORTE

La estructura va a ser el complemento de la instalación, la cual tiene la función de sujetar a los paneles solares sobre la superficie física del tejado. En el caso particular de la vivienda de aplicación al presente proyecto, el tejado es de teja inclinado.

Por ello, se ha escogido una estructura soporte diseñada para instalar en tejados inclinados de teja clásica. Dicha estructura es coplanar, es decir, se adapta a la inclinación del tejado. Está compuesta por unas guías donde se acolan los paneles solares, y las guías se instalan en el sistema de anclaje a la cubierta.

El modelo de estructura coplanar para cubierta inclinada escogido es el KHT915 del fabricante SUNFER.

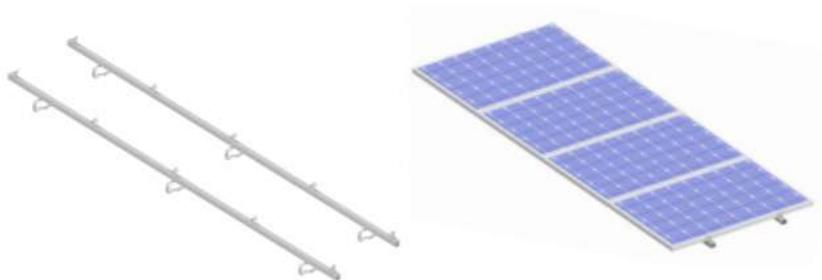


Figura 13: Estructura 9 Placas Cubierta Inclinada Coplanar Teja KHT915. (Fuente: Sunfer)

Se ha tomado esta decisión teniendo en cuenta que se deben instalar nueve módulos solares, lo cual limita bastante la oferta de estructuras soporte en el mercado. De todas formas, el soporte escogido es de alta calidad y está diseñado específicamente para este tipo de instalaciones. Las características principales son:

- Soporte fabricado en aluminio (EN AW 6005A). Este material evitará problemas de corrosión y añadirá a la cubierta el menor peso posible.
- Capacidad de 1 a 9 módulos, se utilizarán los 9 paneles solares.

- Inclinación del módulo: estándar entre 20° y 30°.
- Tornillería de acero inoxidable. Dicho material evitará problemas de corrosión con el objetivo de no poner en riesgo la estructura.
- Tamaño del módulo: soporte válido para módulos de hasta 72 células. Particularmente los módulos escogidos tienen 72 células, por lo que se cumple esta condición.
- Una única estructura de montaje. Esto evitará las pérdidas por sombras que unos pueden generar sobre otros.

6.3 INVERSOR

La función del inversor es transformar la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, ya sea para inyectarla a la red o para el autoconsumo. No sólo es importante realizar una adecuada conversión de corriente continua a alterna igual a la de la red (en España 230V, 50 Hz); sino que es necesario hacerlo con la mayor eficiencia posible para reducir el número de pérdidas. Este elemento interfaz entre sistema de generación y red eléctrica ya supone de por sí pérdidas inevitables por las conmutaciones de los dispositivos que lo componen y el filtrado que lleva a la salida. Por ello, escoger un modelo de inversor eficiente y que se adapte a los requerimientos de la vivienda es crucial.

Se ha optado por escoger el **Inversor Red SMA Sunny Boy 3.0kW AV-41**. El modelo escogido es una de las mejores soluciones para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo que existen en el mercado. El fabricante SMA es especialista global líder en tecnología de sistemas para aplicaciones fotovoltaicas. Cuenta con más de 40 años de experiencia en el sector, garantiza que sus equipos sean idóneos y de calidad.



Figura 14: Inversor Red SMA Sunny Boy 3.0kW AV-41 (Fuente: Autosolar)

Dicho inversor sin transformador recibe la corriente continua que generan los paneles y la transforma en corriente alterna monofásica, la cual se usa directamente para el consumo. Cuenta con dos MPPT internos, los cuales permiten obtener la máxima potencia de los paneles solares haciéndolos trabajar en el punto de máxima potencia.

Por otro lado, el inversor admite una potencia máxima fotovoltaica de hasta 5500W (trasladando un consumo máximo de 3000W). Estos valores son suficientes para viviendas unifamiliares que no superan los 5kW.

A continuación, en la Tabla 4, se han recogido las características principales de la ficha técnica del Sunny Boy 3.0; se adjunta la hoja de características completa en el *Anexo III*.

Inversor SUNNY BOY 3.0	
Entrada (CC)	
Potencia máxima del generador fotovoltaico (PV máx)	5500 Wp
Tensión de entrada min. (V_{pmp} mín.)	110 V
Tensión de entrada máx. (V_{pmp} máx.)	600 V
Tensión máxima admitida (V máx)	600 V
Corriente máxima (I máx)	15 A
Rango de funcionamiento MPP	110-500V
Salida (CA)	
Potencia nominal (P_N)	3000 W
Frecuencia asignada de red	50 Hz
Tensión asignada de red	230 V

Tabla 4: Datos técnicos del inversor Sunny Boy 3.0

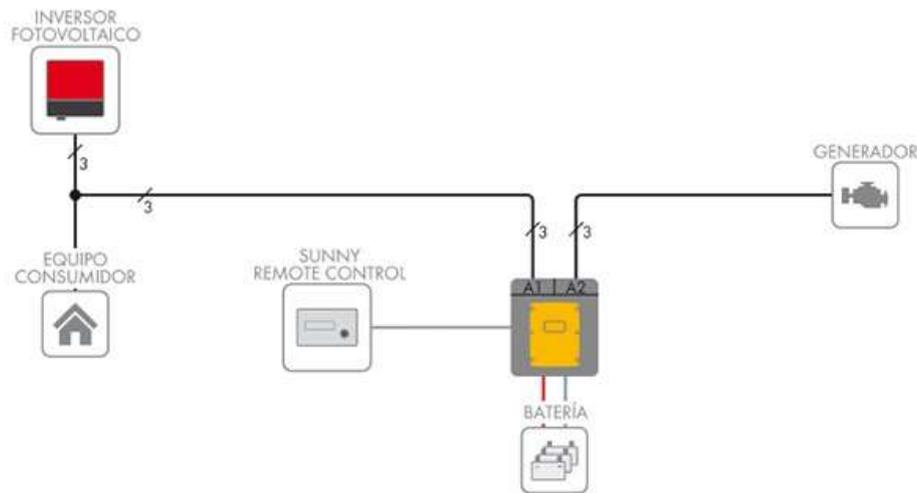


Figura 15: Esquema sistema básico (Fuente: Autosolar)

6.4 CABLEADO

El cableado de la instalación se elegirá de tal manera que se cumplan los requisitos que se establecen en el “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

En primer lugar, en el pliego se establece que los conductores deberán ser de cobre y con la sección suficiente para evitar que la caída de tensión sea superior al 1,5%.

El cableado de continua deberá ser de doble aislamiento de clase 2, y con un grado de protección mínimo de IP65. El doble aislamiento es necesario como medida de protección para mejorar la resistencia en la intemperie, temperaturas extremas ambientales, y la incidencia directa de rayos ultravioleta.

Por otro lado, de acuerdo con el punto 5 del artículo 40 (Instalaciones Generadoras de Baja Tensión) del Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC (REBT), los cables de conexión deben tener en cuenta en el dimensionamiento dos factores:

- **Criterio de calentamiento:** la intensidad del cableado no puede ser inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

- **Criterio de la caída de tensión:** la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red no será superior al 1,5% para la intensidad nominal (requisito ya mencionado en el Pliego de Condiciones).

Cabe mencionar que existe un criterio adicional sobre la intensidad de cortocircuito. Sin embargo, este sólo es aplicable a instalaciones de alta y media tensión. Ya que la instalación que se está diseñando es de baja tensión, no se tendrá en cuenta este requisito para el dimensionamiento del cableado.

6.4.1 CABLEADO DE CONTINUA- CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se ocasiona inevitablemente cuando circula corriente a través de los conductores y se produce una pérdida de potencia transportada. Por supuesto, se debe cumplir la Reglamentación pertinente; por lo que esta caída debe ser inferior al 1,5%, tal y como se ha mencionado anteriormente.

En el caso de esta vivienda, se ha decidido poner 9 paneles en serie. Por lo tanto, la tensión del campo fotovoltaico (la cual viene determinada por el número total de paneles y su tensión en el punto de máxima potencia) será:

$$V_{pmp\ Total} = 9 \cdot 41,10 = 369,90$$

$$\Delta V = \frac{1,5}{100} \cdot 369,90 = 5,5485\ V \approx 5,55V$$

Por lo tanto, para el tramo de corriente continua, la caída de tensión máxima que se puede dar es en torno a los 5,55V.

En cuanto al cálculo de la sección del cable, se necesita identificar la intensidad máxima que lleva cada tramo de la instalación solar. En el caso de este proyecto, sólo se tienen módulos en serie con un único paralelo; lo cual indica que la sección de cableado necesaria será menor.

A partir de la siguiente fórmula se calculará la sección del cable que se va a necesitar:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{\gamma \cdot \Delta V}$$

Los parámetros que aparecen en la ecuación son los siguientes:

- **I: Intensidad de cortocircuito de los módulos fotovoltaicos** (en serie). En este caso el valor es de 10,12 A.
- **L: Longitud de la conducción.** Es decir, la longitud entre la caja de conexiones del generador fotovoltaico y el módulo solar (el más alejado). En este caso la longitud del cableado tomará un valor de 25 metros.
- **γ : Conductividad del cobre a la temperatura escogida.** Debido a que estos conductores se encuentran adosados a las placas solares, las temperaturas que alcanzan son elevadas. Por ello, se considerará la conductividad a 90°, la cual tiene un valor de γ_{90° : $44 \frac{m}{\Omega \text{ mm}^2}$
- **ΔV : Caída de tensión.** Para el caso límite permitido serán 5,55 V (calculados anteriormente).

Con todos los valores de los parámetros conocidos, la sección correspondiente será:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 10,12 \cdot 25}{44 \cdot 5,55} = 2,07 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada que puede utilizarse será de 2,5 mm² como mínimo. Sin embargo, se ha decidido utilizar una sección de 6 mm², ya que es una dimensión comercial y es típicamente usada para este tipo de instalaciones.

6.4.2 CABLEADO DE CONTINUA- CRITERIO DE CALENTAMIENTO

Tal y como se mencionaba anteriormente, la intensidad del cableado no debe superar el 25% de la máxima intensidad del generador, según UNE 60364-7-712. En este caso la intensidad mencionada es la de cortocircuito de las placas ($I_{cc}=10,12$ A).

Por lo tanto, se tiene:

$$I_{Cable} \geq 1,25 \cdot I_{CC} \rightarrow I_{Cable} \geq 1,25 \cdot 10,12 A$$

$$I_{Cable} \geq 12,65 A$$

Si observamos la ficha técnica del cable TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) en el *Anexo IV*, se puede comprobar que el límite inferior de intensidad se cumple para el grosor escogido.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

			3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC				3x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D								3x PVC		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35	77	86	96	104	110	119	119	131	144	154	206
		50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	200	250
		70			149	160	171	188	202	224	244	264	321
		95			180	194	207	230	245	271	296	321	391
	120			208	225	240	267	284	314	348	385	455	
	150			236	260	278	310	338	363	404	452	525	
	185			268	297	317	354	386	415	464	521	601	
	240			315	350	374	419	455	490	552	611	711	
	300			360	404	423	484	524	563	640	711	821	

1) A partir de 25 mm² de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circular.
3) O en bandeja no perforada.
4) O en bandeja perforada.
5) D es el diámetro del cable.

Figura 16: Intensidades admisibles ITC BT-19. (Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología)

Además, se adjunta en la figura anterior las intensidades admisibles que deben cumplirse según la Guía Técnica de Aplicación de Instalaciones del Ministerio de Ciencia y Tecnología; comprobando que se cumplen los límites establecidos por ley.

6.4.3 CABLEADO DE ALTERNA- CRITERIO DE CAÍDA DE TENSION

El cableado que va desde el inversor al resto de la instalación fotovoltaica será el tramo de corriente alterna. Este tramo estará conectado a la Red, por lo que la caída de tensión máxima está determinada por la tensión de red de 230V.

Además, se debe seguir cumpliendo la regulación pertinente, por lo que la caída de tensión máxima será del 1,5%.

$$\Delta V = \frac{1,5}{100} \cdot 230 = 3,45 \text{ V}$$

En cuanto al cálculo de la sección del cable, en este caso la intensidad nominal será la máxima a la salida del inversor.

Se utilizará la siguiente fórmula para calcular la sección del cable que se va a necesitar:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L \cdot \cos(\varphi)}{\gamma \cdot \Delta V}$$

Los parámetros que aparecen en la ecuación son los siguientes:

- **I: Intensidad máxima de salida del inversor.** En este caso el valor es de 16 A.
- **L: Longitud de la conducción.** Es decir, la longitud entre el inversor y la Red de Distribución Pública. En este caso la longitud del cableado tomará un valor de 28 metros.
- **γ : Conductividad del cobre a la temperatura escogida.** Debido a que estos conductores se encuentran adosados a las placas solares, las temperaturas que alcanzan son elevadas. Por ello, se considerará la conductividad a 90°, la cual tiene un valor de γ_{90° : $44 \frac{m}{\Omega \text{ mm}^2}$

- **ΔV : Caída de tensión.** Para el caso límite permitido serán 3,45 V (calculados anteriormente).
- **$\cos(\varphi)$: Factor de potencia.** Tal y como se indica en la ficha técnica del inversor, si valor a la potencia asignada es 1.

Con todos los valores de los parámetros conocidos, la sección correspondiente será:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 28 \cdot 1}{44 \cdot 3,45} = 5,90 \text{ mm}^2$$

Por tanto, el número de sección normalizada que se puede escoger será el de 6 mm². Se utilizará el mismo cableado que anteriormente, pero en este caso se dispondrá de tres líneas trifásicas y un conductor neutro.

6.4.4 CABLEADO DE ALTERNA- CRITERIO DE CALENTAMIENTO

Una vez más, tal y como se ha comprobado con el cableado de corriente continua, se debe comprobar que el criterio térmico o de calentamiento también se cumple. La intensidad del cableado no debe superar el 25% de la máxima intensidad a la salida del inversor.

Por lo tanto, se tiene:

$$I_{Cable AC} \geq 1,25 \cdot I_{Inv} \rightarrow I_{Cable AC} \geq 1,25 \cdot 16 A$$

$$I_{Cable AC} \geq 20 A$$

Si observamos la ficha técnica del cable seleccionado, se puede comprobar que el límite inferior de intensidad se cumple para el grosor escogido.

6.5 PROTECCIONES

Toda instalación solar fotovoltaica debe contar con los adecuados mecanismos de seguridad que aseguren el correcto funcionamiento de los equipos y ayuden a prevenir posibles incidentes. Por lo tanto, es de vital importancia utilizar equipo que proteja tanto a las personas como a la instalación fotovoltaica.

Las protecciones se dimensionarán según la normativa vigente. Tal y como se menciona en Pliego de condiciones técnicas del IDAE (apartado 5.8.1) “todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión”. En dicho Real Decreto publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) se recogen los siguientes requisitos sobre protecciones:

1. Interruptor general manual: será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
2. Interruptor automático diferencial: con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
3. Interruptor automático de la interconexión: para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
4. Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
5. El rearme del sistema de conmutación será automático.
6. Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste.

Para el cálculo de las protecciones, al igual que con el dimensionamiento del cableado, se distinguirá entre el tramo de corriente continua y el de alterna. De todas formas, en ambos casos se deberá cumplir el principio de protección contra sobreintensidades descrito en el Reglamento Electrotécnico para baja tensión e ITC (REBT). Concretamente, en la sección ITC-BT-22 se resalta la protección contra sobrecargas y la protección contra cortocircuitos.

En concreto, se utilizará las siguientes fórmulas para la protección contra sobrecargas (tanto en continua como en alterna):

Ecuación 1:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Ecuación 2:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde:

- I_B es la Intensidad de diseño del conductor
- I_Z es la Intensidad máxima admisible por el conductor
- I_N es la Intensidad Nominal del dispositivo de protección
- I_2 es la Intensidad convencional de funcionamiento del dispositivo de protección

Estas ecuaciones están expresadas en la Guía Técnica de Aplicación del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (GUÍA-BT-22, Protección contra sobrecargas). En este documento también se detalla el caso particular de los fusibles, en los que la I_2 se denomina I_f (Intensidad de funcionamiento).

6.5.1 PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA

El tramo de corriente continua (desde las placas fotovoltaicas hasta el inversor), se van a utilizar dispositivos como instrumentos de seguridad en la instalación fotovoltaica. Tal y como se mencionaba anteriormente, en este tramo se introducirán fusibles como protección contra sobrecargas. Los fusibles deben cumplir con una serie de requisitos:

- Poseer una característica de disparo adecuada.
- Se utilizará un coeficiente de seguridad en el dimensionamiento, siendo la intensidad mínima un 25% de la nominal.
- Deben instalarse en seccionadores con fusible específicos capaces de disipar la potencia que se desarrolla en las peores condiciones de funcionamiento.

La conocida como I_2 será denominada I_f . Ya que no se instalará ningún magnetotérmico en el lado de corriente continua, la intensidad de funcionamiento del fusible debe ser al menos

1,6 veces superior a la intensidad nominal de dicho dispositivo. Por lo tanto, la intensidad nominal del fusible deberá encontrarse en el siguiente intervalo:

$$I_F \leq 1,45 \cdot I_Z \rightarrow I_F \leq 1,45 \cdot 55 \rightarrow I_F \leq 79,75 \text{ A}$$

$$I_N \geq 1,25 \cdot I_B \rightarrow I_N \geq 1,25 \cdot 10,12 \rightarrow I_N \geq 12,65 \text{ A}$$

* La I_Z es la intensidad de cableado de continua para una sección de 4mm^2 (ver tabla cable)

** La I_B es la corriente de cortocircuito de la cadena conectada al fusible (la del módulo).

Por último, aplicando la relación anteriormente mencionada entre I_N e I_F se tiene:

$$I_F \geq 1,6 \cdot I_N \rightarrow I_N \leq \frac{79,75}{1,6} \rightarrow I_N \leq 49,844 \text{ A}$$

$$12,65 \text{ A} \leq I_N \leq 49,84 \text{ A}$$

Se tendrá que escoger un fusible normalizado con una intensidad de funcionamiento que cumpla la condición anterior. Se va a utilizar fusible tipo gG de la marca Schneider Electric, con una intensidad nominal normalizada de 16 A. En concreto, se han escogido los *fusibles de cartucho NFC, Tesys GS, cilíndrico 10 mm x 38 mm, fusible tipo gG, 500 VCA, 16 A, sin percutor*.



Figura 17: Fusible 16 A. Fuente: Schneider Electric

Los datos técnicos de dichos fusibles se recogen en el Anexo V.

6.5.2 PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA

En corriente alterna, resaltan dos tipos de protecciones, aquellas contra sobrecargas y aquellas contra contactos indirectos.

Se utilizará un magnetotérmico para la protección contra sobrecargas y frente a cortocircuitos. El magnetotérmico es un dispositivo que corta el paso de corriente cuando se detecta un problema, como por ejemplo una subida de tensión. Por ello, la velocidad de disparo es importante y puede ser de tres tipos: tipo D (disparo lento), tipo C (disparo normal) y tipo B (disparo rápido). En una instalación de una vivienda se suele utilizar el magnetotérmico tipo C, ya que es suficiente protección para el entorno doméstico donde no existen corrientes de arranque elevadas.

Para escoger dicho interruptor automático, se aplicará la Ecuación 1 mencionada anteriormente. Además, en este caso los valores de las intensidades serán los siguientes:

- I_B es la intensidad de salida del inversor. Tendrá un valor de 16 A.
- I_Z es la intensidad máxima admisible por el conductor. Tendrá un valor de 55 A.

Por lo que se tiene:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 16 \leq I_N \leq 55$$

Teniendo en cuenta el rango de intensidad nominal calculado, se ha escogido el interruptor magnetotérmico SV201-C25NA de la marca ABB.



Figura 18: Interruptor magnetotérmico. Fuente: ABB

Dicho interruptor está diseñado para instalaciones de viviendas residenciales, con una corriente nominal de 25 A, curva tipo C y capacidad de potencia de corte de 6000 A. El dispositivo tiene un rango de temperatura de funcionamiento de -25° a 55° , y posee 1 Polo más un Neutro (1P+N). El resto de las características técnicas se recogen en el *Anexo VI*.

Por otro lado, para prevenir los daños por contactos indirectos o posibles corrientes de fuga se utilizará un interruptor diferencial con una sensibilidad de actuación de 30mA. Se utilizará el modelo de interruptor diferencial puro F202 A-25/0,03 de la marca ABB, con una intensidad nominal de 25 A. Se ha elegido un interruptor diferencial con la misma intensidad que el magnetotérmico, ya que esta sólo puede ser igual o superior a la del segundo.



Figura 19: Interruptor diferencial. Fuente: ABB

El resto de las características y datos técnicos del dispositivo que se muestra en la Figura 19 se recogen en el *Anexo VII*.

6.6 PUESTA A TIERRA

El objetivo de la puesta a tierra es evitar que aparezcan diferencias de potencial peligrosas, además de permitir el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga.

Toda instalación fotovoltaica debe cumplir con lo dispuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. Tal y como se recoge en el epígrafe 5.9 de dicho documento, se deben reunir una serie de requisitos; incluyendo lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12).

- La instalación deberá contar con una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones fotovoltaicas.
- Todas las masas de la instalación fotovoltaica (tanto en corriente continua como alterna) estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

Se ha escogido cableado que cumpla con los requisitos del IDAE, así como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en el cual se establece que la sección de los conductores de protección será la misma que la de los conductores de fase. Por ello, la sección será de 6 mm^2 , tal y como se había calculado anteriormente.

Se ha decidido utilizar de nuevo el cableado TOPSOLAR PV ZZ-F. Los detalles técnicos y las características de dicho cableado se encuentran en el *Anexo IV*.

Los conductores de puesta a tierra de los equipos se conectarán formando una tierra común, después dicha conexión será puesta a tierra por medio de una pica de acero cobreado.

Capítulo 7. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN

7.1 PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA

El propio Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establece las pautas para realizar el cálculo de la producción anual esperada de una instalación solar fotovoltaica; concretamente en el artículo 7 de dicho documento. En el punto 7.2.4 se recoge la ecuación que define la estimación de la energía inyectada:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Donde:

- **E_p**: Estimación de la energía inyectada
- **G_{dm}**: Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m²día)
- **P_{mp}**: Potencia de pico del generador
- **PR**: Rendimiento energético de la instalación o “Performance Ratio”
- **G_{CEM}**: 1kW/m²

Siguiendo las recomendaciones del IDAE, se ha utilizado un documento Excel como hoja de cálculo para obtener el valor de la producción solar estimada de la instalación. Dicho documento tiene en cuenta las características técnicas de los distintos dispositivos que se han escogido, como por ejemplo el inversor y los módulos solares. El documento ha sido proporcionado por el director del proyecto, Luis Javier Mata García.

Los resultados que se han obtenido con este documento se recogen en la siguiente tabla.

Mes	Nº días	kWh/m ² día	Producción kWh/mes
Enero	31	3,01	263,76
Febrero	28	3,69	289,52
Marzo	31	5,17	424,87
Abril	30	5,38	429,21
Mayo	31	5,76	470,44
Junio	30	6,27	474,27
Julio	31	6,75	516,33
Agosto	31	6,67	512,81
Septiembre	30	5,89	446,16
Octubre	31	4,52	374,64
Noviembre	30	3,34	278,8
Diciembre	31	2,55	223,23
Promedio	-	4,92	392,00
TOTAL	365	-	4704

Tabla 5: Resultados de la Estimación de la Producción

Además, en la hoja de cálculo mencionada se realizan comprobaciones para que toda la instalación esté bien diseñada y no se sobrepase ningún límite en los parámetros como la intensidad, el voltaje o la potencia. En concreto, se revisan parámetros de la configuración eléctrica y la potencia del campo fotovoltaico teniendo en cuenta el inversor y módulo fotovoltaico seleccionado. A continuación, en la Tabla 6 y en la Tabla 7 se recogen estos datos.

CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA		
I_{cc}	10,63 A	O.K.
I_{mp}	9,71 A	O.K.
V_{oc}	432,99 V	O.K.
V_{pmp}	361,71 V	O.K.
V_{oc} (-10 °C)	433,10 V	O.K.

Tabla 6: Comprobación restricciones configuración eléctrica

POTENCIA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO		
Potencia Instalada	3510 Wp	O.K.
Potencia Inversores	3000 W	
Ratio Wp/W	0,17	O.K.
T^a mínima módulo	19 °C	
Voc módulo	48,11 V	
Voc generador	433,01 V	O.K.
T^a máxima módulo	70 °C	
Voc módulo	48,09 V	
Voc generador	432,84 V	O.K.

Tabla 7: Comprobación restricciones Potencia del campo fotovoltaico

Es necesario realizar las comprobaciones de los límites de la potencia del campo fotovoltaico y el de la configuración eléctrica por temas de seguridad y funcionamiento.

En estas comprobaciones se comprueba que los paneles solares son lo suficientemente potentes para la potencia del inversor, ya que son las características de este las que limita la máxima potencia que admite la instalación (y que no puede superarse). Especialmente la tensión máxima y la intensidad máxima, directamente relacionadas con la potencia, están dentro de los límites establecidos por el sistema.

Como se puede observar, se satisfacen todas las condiciones de seguridad que aseguran el correcto funcionamiento de la instalación. Sin embargo, la información más relevante que proporciona este documento es la estimación de la producción de las placas solares fotovoltaicas. Por ello, en la Tabla 8 se recogen los datos de consumo que tuvo la vivienda en el año 2020 junto con los resultados de la estimación.

7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO PRODUCCIÓN Y CONSUMO

Periodo	Días	Consumo kWh	Producción estimada kWh/mes
Enero	31	578	263,76
Febrero	28	530	289,52
Marzo	31	816	424,87
Abril	30	740	429,21
Mayo	31	553	470,44
Junio	30	727	474,27
Julio	31	888	516,33
Agosto	31	512	512,81
Septiembre	30	615	446,16
Octubre	31	515	374,64
Noviembre	30	489	278,8
Diciembre	31	684	223,23
TOTAL		7647	4704,04

Tabla 8: Comparación Estimación de la producción vs. Consumo

En la tabla anterior se muestra que el total estimado de la producción son 4704,04 kW frente a los 7647 kW de consumo eléctrico. Por lo que la producción estimada de las placas solares supone un **61,52%** del consumo anual de la vivienda unifamiliar. Es decir, el ahorro derivado de la producción de la instalación será más de la mitad, dato bastante prometedor.

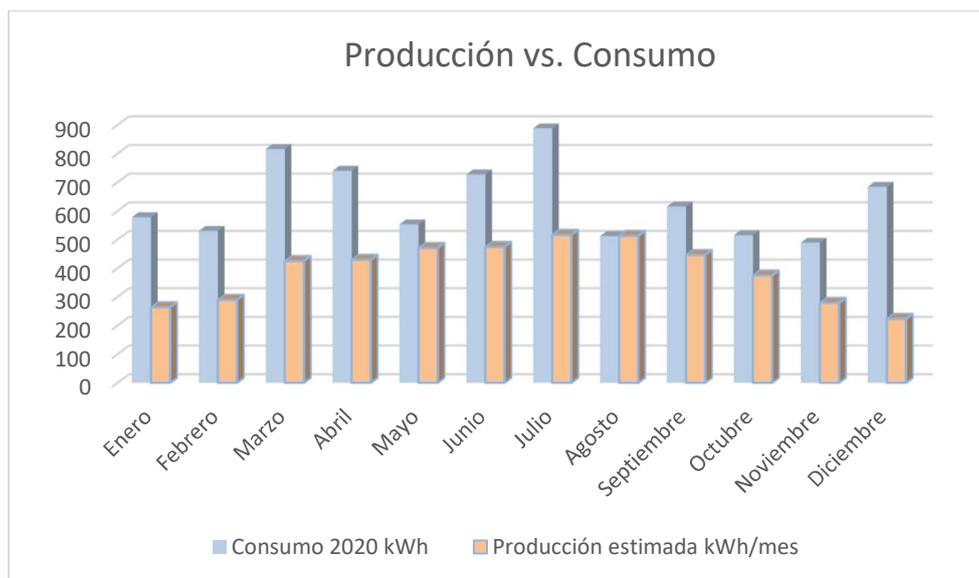


Figura 20: Diagrama de barras de la Producción frente al Consumo

A pesar de los buenos resultados, se debe analizar el estudio de la viabilidad económica del proyecto (a continuación en el Capítulo 7) para entender en mayor profundidad cuándo la inversión inicial comenzará a dar beneficios.

Capítulo 8. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

El objetivo de este capítulo es analizar la viabilidad de invertir en el proyecto de la instalación de un sistema fotovoltaico, obteniendo información sobre cuál es la inversión inicial necesaria y cómo evolucionará en los próximos años. Es decir, se determinará la rentabilidad del proyecto, así como el tiempo de retorno de la inversión.

Se van a analizar tanto los costes como los beneficios del proyecto durante un periodo de 25 años. La duración escogida es la vida útil que asegura el fabricante de los módulos solares (los cuales deberían funcionar con un buen rendimiento asegurado durante dicho periodo).

La rentabilidad del proyecto se evaluará en base a los indicadores económicos de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Consecuentemente, es necesario conocer todas las entradas y salidas de capital en el proyecto, los cuales se usarán para el cálculo de dichos indicadores. En el caso específico del proyecto que se está desarrollando, las entradas se corresponden con el beneficio asociado a la reducción del consumo. Por otro lado, las salidas de capital son el desembolso inicial para el año 0 y los costes asociados al mantenimiento y el seguro de la instalación para el resto de los años. Por ello, antes de realizar el análisis económico se va a detallar los costes que se tendrán en el año 0, es decir, la inversión inicial.

8.1 INVERSIÓN INICIAL

Con el objetivo de conocer la inversión inicial que requiere el proyecto, se ha realizado un presupuesto. En dicho presupuesto se incluyen tanto el coste de los elementos de la instalación, así como las labores de instalación de cada dispositivo y otros costes que se puedan derivar.

En particular, se invertirá en una cadena de 9 paneles en serie, contará con un inversor y dispositivos de protección (fusibles, diferencial y magnetotérmico), además se han incluido el coste de todo el cableado de corriente continua, alterna, tierra y estructura soporte.



También se ha incluido el coste de la mano de obra para realizar la instalación, así como la licencia requerida para poder realizar dicha instalación de autoconsumo en una vivienda unifamiliar.

	Descripción	Unidades	Precio unitario	Total
Módulos fotovoltaicos	Panel policristalino A-390M GS	9	149,74 €	1 347,66 €
Inversor	Inversor Red SMA Sunny Boy 3.0kW AV-41	1	1 047,92 €	1 047,92 €
Estructura soporte	Estructura 9 Placas Cubierta Inclinada Coplanar Teja KHT915	1	276,73 €	276,73 €
Cableado				
Cableado CC	Topsolar PV ZZ-F (AS) 6 mm2	50	1,80 €	90,00 €
Cableado AC	Topsolar PV ZZ-F (AS) 6 mm2	112	1,80 €	201,60 €
Puesta a Tierra	Cableado de tierra y pica			200,00 €
Protecciones				
Fusibles	Fusible cilíndrico DF2 16 A Schneider	2	5,19 €	10,38 €
Magnetotérmico	Interruptor magnetotérmico SV201-C25NA	1	17,71 €	17,71 €
Diferencial	Interruptor diferencial F202 A-25/0,03	1	798,52 €	798,52 €
Montaje e instalación	Mano de obra para la instalación			1 400,00 €
Licencia	Solicitud de obra menor			300,00 €
TOTAL				5 690,52 €

Tabla 9: Inversión inicial

La inversión inicial del proyecto asciende a 5690,52 €, los detalles de cada componente del presupuesto se recogen en la Tabla 9.

8.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

En primer lugar, a partir de los datos de estimación de la producción de las placas, se obtiene el ahorro económico derivado del autoconsumo eléctrico. Cabe destacar que se ha tomado el valor actual de la luz para realizar este cálculo, en concreto el de la última factura de diciembre de 2020 (**0,126 €/kWh**).

Periodo	Producción kWh/mes	€/mes
Enero	263,76	33,23 €
Febrero	289,52	36,48 €
Marzo	424,87	53,53 €
Abril	429,21	54,08 €
Mayo	470,44	59,28 €
Junio	474,27	59,76 €
Julio	516,33	65,06 €
Agosto	512,81	64,61 €
Septiembre	446,16	56,22 €
Octubre	374,64	47,21 €
Noviembre	278,80	35,13 €
Diciembre	223,23	28,13 €
TOTAL	4704,05	592,71 €

Tabla 10: Cálculo del ahorro económico

En la Tabla 10 se observa cómo la estimación del ahorro derivado de la producción de energía a través de las placas solares es de **592,71€**. Dicha cuantía será el dato inicial de partida para el comienzo del periodo (n=1). Sin embargo, para la proyección a futuro, es necesario tener en cuenta que la luz es un servicio que sufre fluctuaciones constantemente. Además, existe una tendencia de crecimiento anual del coste de la luz en España; por ello, se supondrá un incremento anual del **3%** en el precio de kWh.

Por otro lado, se debe considerar el Índice de Precios al consumidor (IPC). Este indicador mide la variación porcentual promedio de los precios en un determinado periodo de tiempo. En este caso, se ha considerado que la estimación de dicha fluctuación crecerá en torno al **1,4%** anualmente. Este valor se tendrá en cuenta a la hora de calcular los gastos de operación

que incurren debido al mantenimiento de la instalación (ver columna “Gastos” de la Tabla 11 a continuación).

Periodo	Gastos [C1]	Autoconsumo [C2]	Peaje potencia contratada [C3]	Ahorro [C4 C2+C3]	Flujo de Caja [C5=C4-C1]	Flujo acumulado
0					- 5 690,52 €	- 5 690,52 €
1	100,00 €	592,71 €	90,34 €	683,05 €	583,05 €	- 5 107,47 €
2	101,40 €	610,49 €	93,05 €	703,54 €	602,14 €	- 4 505,33 €
3	102,82 €	628,81 €	95,84 €	724,65 €	621,83 €	- 3 883,51 €
4	104,26 €	647,67 €	98,71 €	746,39 €	642,13 €	- 3 241,38 €
5	105,72 €	667,10 €	101,68 €	768,78 €	663,06 €	- 2 578,32 €
6	107,20 €	687,11 €	104,73 €	791,84 €	684,64 €	- 1 893,68 €
7	108,70 €	707,73 €	107,87 €	815,60 €	706,90 €	- 1 186,78 €
8	110,22 €	728,96 €	111,10 €	840,06 €	729,84 €	- 456,94 €
9	111,76 €	750,83 €	114,44 €	865,26 €	753,50 €	296,56 €
10	113,33 €	773,35 €	117,87 €	891,22 €	777,89 €	1 074,45 €
11	114,92 €	796,55 €	121,41 €	917,96 €	803,04 €	1 877,50 €
12	116,52 €	820,45 €	125,05 €	945,50 €	828,97 €	2 706,47 €
13	118,16 €	845,06 €	128,80 €	973,86 €	855,71 €	3 562,18 €
14	119,81 €	870,42 €	132,66 €	1 003,08 €	883,27 €	4 445,45 €
15	121,49 €	896,53 €	136,64 €	1 033,17 €	911,68 €	5 357,13 €
16	123,19 €	923,42 €	140,74 €	1 064,17 €	940,98 €	6 298,11 €
17	124,91 €	951,13 €	144,97 €	1 096,09 €	971,18 €	7 269,29 €
18	126,66 €	979,66 €	149,31 €	1 128,97 €	1 002,31 €	8 271,60 €
19	128,43 €	1 009,05 €	153,79 €	1 162,84 €	1 034,41 €	9 306,01 €
20	130,23 €	1 039,32 €	158,41 €	1 197,73 €	1 067,50 €	10 373,50 €
21	132,06 €	1 070,50 €	163,16 €	1 233,66 €	1 101,60 €	11 475,11 €
22	133,91 €	1 102,62 €	168,05 €	1 270,67 €	1 136,77 €	12 611,88 €
23	135,78 €	1 135,69 €	173,10 €	1 308,79 €	1 173,01 €	13 784,89 €
24	137,68 €	1 169,77 €	178,29 €	1 348,05 €	1 210,37 €	14 995,26 €
25	139,61 €	1 204,86 €	183,64 €	1 388,50 €	1 248,89 €	16 244,15 €

Tabla 11: Análisis de Rentabilidad

Para el análisis de rentabilidad se ha construido la Tabla 11, la cual se explica a continuación para una mejor comprensión de los datos (todos en términos económicos [€]).

Como ya se mencionó anteriormente, la duración del periodo a analizar será de 25 años (n=25). En la columna Gastos ([C1]) se recoge el importe del mantenimiento anual, teniendo en cuenta la fluctuación del IPC del 1,4%. En las dos siguientes columnas se recogen los

ahorros derivados por la producción de energía ([C3]) y por la reducción del coste del peaje de la potencia contratada ([C4]). Ambos valores van aumentando a razón del 3% debido al incremento en el precio de la luz, tal y como se mencionaba anteriormente.

La fórmula utilizada para tener en cuenta dichos incrementos anuales es la siguiente:

$$V_n = (1 + z)^n \cdot V_i$$

Donde:

- V_n : Valor en el año n
- z: incremento porcentual (1,4% o 3% en función del concepto).
- V_i : Valor en el año 1

Finalmente, el flujo de caja es la diferencia entre los ahorros y los gastos del proyecto, columna que se utilizará para calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR). El flujo acumulado representa el balance a lo largo de los 25 años de los flujos de caja, el cual será la base para calcular el periodo de retorno de la inversión inicial (Payback).

Los resultados financieros del análisis de viabilidad económica se recogen en la siguiente tabla:

VAN	TIR	Payback
6 415,98 €	12,216%	8,606 años

Tabla 12: Resultados análisis económico

En cuanto a los indicadores económicos, el VAN representa la rentabilidad absoluta del proyecto teniendo en cuenta la inversión inicial. La interpretación del VAN sólo se limita al signo de dicho indicador, si es mayor o igual que cero la inversión será rentable, pero no se tiene más información del resultado numérico obtenido. Por lo tanto, se ha obtenido un valor positivo que indica que el proyecto es rentable.

Ya que el VAN tiene en cuenta la depreciación futura del dinero referida a dinero actual, se calcula con los flujos de caja y la tasa de descuento. En este caso, se ha fijado la tasa de descuento en 4,5%. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular valor actual neto:

$$VAN = \sum_{n=1}^{25} \frac{F_n}{(1+d)^n} - I_0$$

Donde:

- F_n : Flujo de caja del periodo n (anual)
- d: Tasa de descuento
- I_0 : Inversión inicial

Por otro lado, el TIR es el indicador que hace que el VAN se anule. Dicha medida de rentabilidad refleja la viabilidad del proyecto en caso de solicitar un préstamo bancario, y su valor deberá ser superior a la Tasa Anual Equivalente (TAE) del préstamo para que la inversión tenga beneficios. Los resultados de la Tabla 12 indican un TIR de 12,216%, el cual es un valor superior a la tasa de descuento utilizada (4,5%) y también es superior al TAE usualmente ofrecido entre entidades bancarias, el cual suele rondar entre el 5 y el 7%.

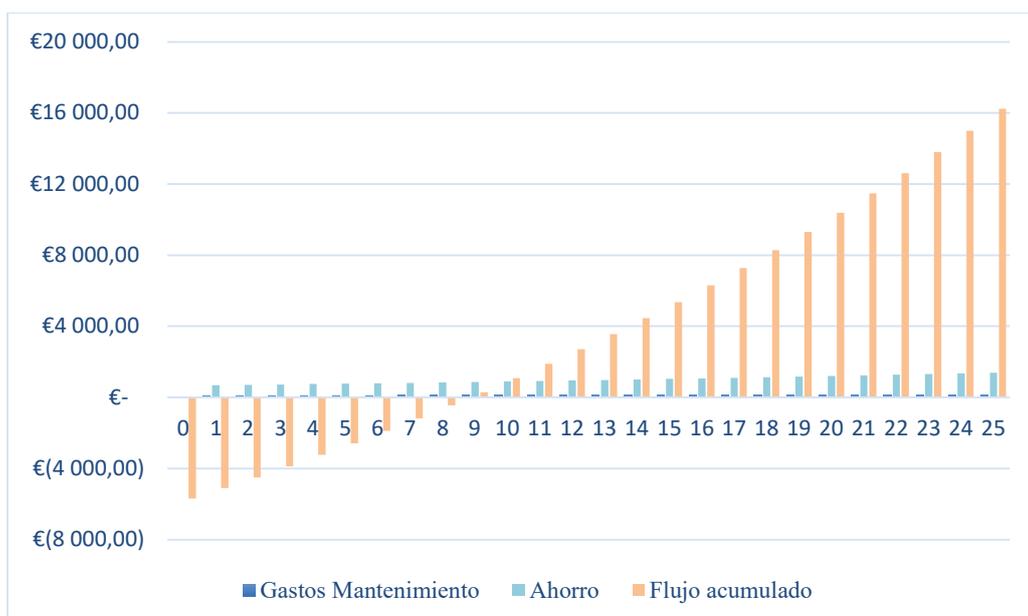


Figura 21: Evolución temporal de la inversión

Por último, a través del Payback se ha calculado que el proyecto comenzará a traer beneficios (se ha amortizado la inversión inicial) entre los años 8 y 9. Esto se puede apreciar en la Figura 21, cuando el eje del flujo acumulado corta el eje X, para $n=8,606$ el valor neto actual es igual a cero.

Capítulo 9. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La naturaleza de este proyecto no plantea ninguna cuestión problemática en cuanto al impacto medioambiental que pueda generar. Todo lo contrario, el uso de las placas solares como fuente de energía renovable conlleva beneficios para el medio ambiente. Sin embargo, no está de más destacar las ventajas que la energía solar brinda frente a otros combustibles fósiles.

En primer lugar, la generación de energía a partir de luz solar no conlleva ninguna emisión de CO₂, ya que no requiere ningún tipo de combustión. De esta forma, se evita el conocido ‘efecto invernadero’.

Como ya se ha mencionado, en el caso de las instalaciones fotovoltaicas se produce energía sin emitir CO₂, por lo que es una alternativa limpia y sostenible que tiene un impacto positivo en el medioambiente.

El IDAE publicó una resolución en enero de 2016 con los factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria, los cuales se deben utilizar para las diferentes fuentes de energía en España.

	VALORES PROPUESTOS		
	Coeficiente de paso CO ₂ /Energía final (kgCO ₂ /kWh)	Coeficiente de paso Energía Primaria/Energía final	
		tep e. p./MWh e e.f.	MWht e.p./MWh e e.f.
SISTEMA NACIONAL	0,357	0,207	2,403
SISTEMA PENINSULAR	0,331	0,204	2,368
SISTEMAS EXTRAPENINSULARES	0,833	0,259	3,011
Baleares	0,932	0,262	3,049
Canarias	0,776	0,257	2,994
Ceuta y Melilla	0,721	0,240	2,790

Figura 22: Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria. (Fuente: IDAE)

De acuerdo con el balance de energía producida frente a la consumida, se estima un ahorro de 2943 kWh (7647-4704 kWh). Esto supondría la siguiente reducción de emisiones de CO₂:

$$0,357 \cdot 2943 = 1.050,65 \text{ kg CO}_2$$

Como se puede observar en la siguiente figura, el uso de fuentes renovables tiene un impacto de cero emisiones.

VALORES PROPUESTOS PARA FUENTES RENOVABLES			
	Coeficiente de paso CO ₂ /Energía final (kgCO ₂ /kWh)	Coeficiente de paso Energía Primaria/Energía final	
		tep e. p./MWh e e.f.	MWh e.p./MWh e e.f.
SISTEMA NACIONAL	0,000	0,034	0,396
SISTEMA PENINSULAR	0,000	0,036	0,414
SISTEMAS EXTRAPENINSULARES	0,000	0,006	0,075
Baleares	0,000	0,007	0,082
Canarias	0,000	0,006	0,070
Ceuta y Melilla	0,000	0,006	0,072

Figura 23: Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria en Renovables. (Fuente: IDAE)

Por otro lado, la flora no se ve afectada por ninguna repercusión negativa al realizar este tipo de instalaciones. En el caso de la fauna, tampoco se ve afectada o incluso puede llegar a beneficiarse. Este sería el caso de instalaciones de placas solares a gran escala que pueden resultar en la reducción de tendidos eléctricos, los cuales traen efectos perjudiciales para las aves.

Capítulo 10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Una instalación eléctrica de baja tensión conlleva una serie de riesgos asociados, los cuales deben ser evitados y prevenidos en la medida de lo posible. Por ello, conforme a la normativa vigente española, se debe realizar un estudio de Seguridad y Salud para proveer las bases técnicas y fijar los parámetros de prevención de riesgos profesionales.

En el caso particular que atiene a este proyecto, la instalación de un sistema fotovoltaico presenta riesgos asociados a la obra incluso mayores debido a la instalación sobre cubierta.

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 del 24 de octubre (y su última modificación del 19 de marzo de 2010), se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. El objetivo de este documento es recoger los distintos riesgos asociados, así como las medidas de prevención necesarias para evitarlos.

Por este motivo será necesario que los trabajadores conozcan el contenido de este documento. También resulta oportuno que a lo largo de la obra se realice una observación de las actividades en desarrollo con el objetivo de detectar posibles riesgos no previstos y de identificar aquellos que se puedan convertir en frecuentes en el caso particular de la instalación de 100 kWn desarrollada.

10.1 NORMATIVA

La normativa vigente en España que afecta al Estudio de Seguridad y Salud es la siguiente:

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre: Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 485/1997 de 14 de abril: Señalización de seguridad en el trabajo.
- RD 486/1997 de 14 de abril: Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- RD 773/1997 de 30 de mayo: Utilización de Equipos de Protección Individual.
- RD 1627/1997 de 24 de octubre: se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

- Ley 54/2003 de 12 de diciembre: reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

10.2 PRINCIPALES RIESGOS ASOCIADOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Los riesgos asociados a la instalación, junto con sus correspondientes medidas preventivas, están vinculados con los procesos y procedimientos de trabajo empleados en el sector. En los siguientes subapartados se analizarán los principales y los más significativos.

10.2.1 TRABAJOS EN ALTURA

Los trabajos en altura incluyen un riesgo adicional para los trabajadores, ya que los trabajos en cubierta suelen ser más peligrosos.

Se destacan los siguientes riesgos:

- Caída de personas al mismo nivel: pueden ocurrir en tareas que presentan la posibilidad de tropiezo, resbalón o caída. Las causas son diversas: falta de limpieza, irregularidad del terreno, insuficiente iluminación, entre otras. Las consecuencias que se derivan de dicho incidente son contusiones, heridas, hematomas, esguinces, desgarros musculares, etc.
- Caída de personas a distinto nivel: ocurren en tareas que requieren el uso de andamios, plataformas, escaleras de mano, etc. Las consecuencias son similares a las mencionadas en caídas al mismo nivel. Sin embargo, obviamente las caídas de distinto nivel conllevan mayor riesgo.
- Caída de objetos de manipulación: ocurren al manipular cargas y en el manejo de herramientas. Las consecuencias pueden ser hematomas, heridas, inflamaciones musculares, rotura de huesos, etc.
- Caída de objetos desprendidos: son ocasionadas por falta de orden y/o limpieza, izado de materiales, choque de maquinaria, entre otros. Como consecuencias de este tipo de incidente destacan las mismas que se han mencionado anteriormente.

Medidas de prevención

Para evitar las caídas al mismo nivel, es necesario despejar la zona de trabajo para evitar tropiezos. Además, el uso de calzado adecuado (botas con punta de hierro y buena adherencia a la cubierta) disminuirá el número de incidentes.

En cuanto a las caídas de distinto nivel, de deberán implementar distintas medidas. En primer lugar, deben existir medidas de limpieza y orden en el lugar de trabajo. Además, se debería colocar barandillas y redes de seguridad; así como redes perimetrales. Por supuesto, será importante siempre señalar la zona, indicando si hay huecos u otra anomalía en la cubierta.

Para prevenir que caiga algún material a los operarios, se recomienda el uso obligatorio de casco.

10.2.2 USO DE HERRAMIENTAS MANUALES

- Proyección o fragmentación de partículas: se puede producir este riesgo por el uso de herramientas de corte, sierras, etc. También por tareas de salpicaduras y proyecciones con soldador. Entre las consecuencias se puede destacar las heridas, cortes, irritación, quemaduras y la incrustación de partículas en el cuerpo.
- Golpes o cortes por herramientas: se deben a todas aquellas tareas que requieran el uso de herramientas o manipulación de materiales. Las consecuencias son similares a las mencionadas arriba, pero incluyendo contusiones, fracturas o fisuras, etc.

Medidas de prevención

La principal medida preventiva de protección para el control de peligros mecánicos son los resguardos. Los resguardos son elementos de las máquinas que se utilizan para garantizar la protección. Estos elementos deben cumplir con una serie de requisitos generales, entre los cuales destacan:

- Ser de fabricación sólida y resistente
- Estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa
- No limitar más de lo imprescindible la observación del ciclo de trabajo

10.2.3 CONTACTOS ELÉCTRICOS Y/O TÉRMICOS

- Contacto eléctrico: se producen por tareas que requieren la utilización de herramientas y equipos eléctricos, materiales metálicos y trabajos en condiciones de humedad alta. Las consecuencias pueden llegar a ser graves; desde fracturas, contracciones musculares o quemaduras hasta fibrilaciones, paradas respiratoria o cardiaca.
- Contacto térmico: se deben a trabajos con o cerca de maquinaria en instalaciones de alta temperatura como por ejemplo trabajos en soldadura. Las consecuencias incluyen inflamación, infección o quemaduras, entre otras.

Medidas de prevención

La medida de protección contra contactos eléctricos es la conexión a tierra de cuadros y equipos de suministro de energía eléctrica. Además, se deben instalar protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, así como protección diferencial.

En cuanto al contacto térmico, se deberá llevar la ropa y elementos de protección adecuados cuando se vayan a manipular elementos y maquinaria peligrosos (guantes, material aislante, etc.).

Capítulo 11. CONCLUSIONES

En este capítulo se van a determinar las conclusiones que se han obtenido a lo largo del desarrollo del presente trabajo, no sin antes recordar los objetivos que motivaban su realización. La finalidad primordial del proyecto era realizar una instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo con conexión a red sin compensación de excedentes, con el fin de suministrar al menos un 50% del consumo anual de la vivienda.

Para ello, se realizó un Análisis Técnico de la instalación, donde se obtuvieron datos sensacionales. Con un total estimado de la producción de 4704,04 kW frente a los 7647 kW de consumo eléctrico, se estimó que la producción de las placas solares supondrá un 61,52% del consumo anual de la vivienda unifamiliar. En otras palabras, el ahorro en energía será superior a la mitad, superando las expectativas y objetivos iniciales del proyecto.

Además, de acuerdo con el análisis financiero que se ha realizado, se puede concluir que la instalación de placas solares fotovoltaicas de estas características es una inversión completamente rentable y viable desde un punto de vista económico.

En primer lugar, el VAN obtenido (el cual representaba la rentabilidad absoluta del proyecto teniendo en cuenta la inversión inicial) ha reflejado un valor de 6415,98 €. Este dato positivo confirma que el proyecto es efectivamente rentable. Esto queda confirmado con la Tasa Interna de Retorno, en la cual se ha obtenido un TIR de 12,216%. Este valor evidencia la viabilidad del proyecto, una vez más, ya que se encuentra muy por encima de la tasa de descuento que se consideró en su momento (4,5%).

Por último, se obtuvo a través del *Payback* que se amortizará la inversión inicial entre los años 8 y 9 de la vida útil de la instalación. En particular, en el año 8.606 años; es decir, aproximadamente partir de la mitad del octavo año.

En conclusión, la instalación estudiada no sólo es una inversión atractiva y económicamente viable, sino que además es una fuente de energía limpia poco contaminante.

Capítulo 12. BIBLIOGRAFÍA

- [ABB11] ABB Inc., “Cuaderno de aplicaciones técnicas nº.10. Plantas fotovoltaicas”, 2011.
- [ABB15] ABB Inc., “Productos de baja tensión. Soluciones para energía solar”, 2015.
- [ADLE13] Adler, F., “Energía solar fotovoltaica. Instalaciones Industriales”, España, 2013.
- [ALON07] Alonso Montes, J.I., “Energía Solar Fotovoltaica”, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid 2007.
- [CEPY12] CEPYME Aragón, “Medidas preventivas a adoptar por los instaladores de placas de energía solar fotovoltaica y fototérmica”, 2012.
- [ESPE83] Espejo Marín, C., “La energía solar fotovoltaica en España”, NIMBUS, nº 13-14, ISSN 1139-7136, pp. 5-31, 2004
- [IDAE02] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”, 2002.
- [IDAE09] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”, 2009.
- [IDAE11] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red”, 2011.
- [IDAE12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Indicaciones sobre parámetros de cálculo necesarios para la determinación del coste elegible”, 2012.

- [IDAE14] IDEA, “Factores de emisión de co2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas”, 2014.
- [IDAE19] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo”, 2019.
- [MERI16] Merino, L., “Energías renovables para todos”, 2016.
- [MINI13] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, “Guía-BT-40, Instalaciones generadoras de baja tensión”, 2013.
- [MINI19] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, “Nota de interpretación técnica de la equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en baja tensión”, 2019.
- [PERP13] Perpiñan Lamigueriro, O., “Energía Solar Fotovoltaica”, 2013.
- [SANC08] J.M. Sancho, J. Riesco, C. Jiménez, M.C. Sánchez, J. Montero, M. López, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), “Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, 2008.
- [UNEF19] Unión Española Fotovoltaica (UNEF). “El sector fotovoltaico impulsor de la transición energética”, Informe Anual 2019.

Páginas web:

<https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>

<https://www.irena.org/solar>

https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/solar-power_en

<https://unef.es/el-sector-fotovoltaico-en-espana/>

<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>

<https://www.implica-t.com/paneles-solares-la-importancia-de-su-garantia/>

<https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>

<https://new.abb.com/products/es/2CDS211166R0324/interruptor-automatico-sv200-1np-c-32-ampere>

<https://tiendasolarybaterias.com/tienda-ciudadreal/componentes/estructura-9-placas-cubierta-inclinada-coplanar-teja-kht915-1x9/>

https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/39866/TFG_Intriago_Mera_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico.html>

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599>

Otras fuentes:

Apuntes asignatura Transmisión del Calor, Luis Mochón Castro.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
CARLOTA PÉREZ RODRÍGUEZ

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO I: MÓDULO FOTOVOLTAICO



→ www.atersa.com

atersa
grupo elecnor

Optimum
nueva gama

Módulo solar (72 células 6") Mono PERC
A-XXXM GS (380/385/390/395/400 W)

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte
→ www.atersa.com

Módulos fotovoltaicos para el futuro 

A-xxxM GS (ES) (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-380M GS	A-385M GS	A-390M GS	A-395M GS	A-400M GS
Potencia Máxima (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.50 V	40.80 V	41.10 V	41.40 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.39 A	9.44 A	9.49 A	9.55 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.75 A	9.92 A	10.12 A	10.23 A	10.36 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.16	19.42		19.92	20.17
Tolerancia de Potencia (W)			0/+5		
Máxima Serie de Fusibles (A)			15		
Máxima Tensión del Sistema (IEC)			DC 1000 V		
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)			45±2		

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Especificaciones mecánicas

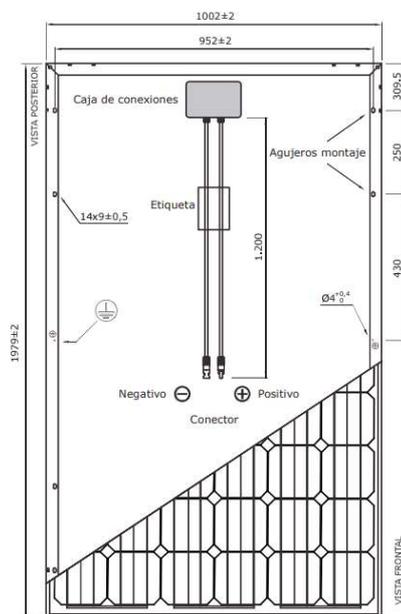
Dimensiones (± 2 mm.)	1979x1002x40 mm.
Peso (± 5 %)	22.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	2400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 pzas (6x12)/Mono PERC/158.75 x 158.75 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Conector	1.200 mm. /4 mm ² /MCA compatible/IP67

(*) Con capa anti-reflectante

Vista genérica construcción módulo



NOTA: El dibujo no está a escala.

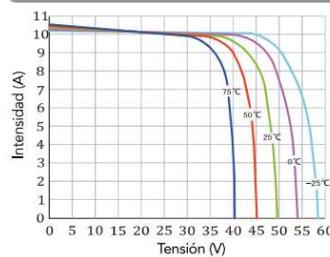
Características de temperatura

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.37% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

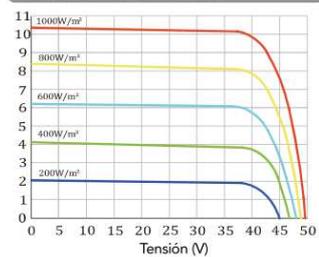
Embalaje

Módulos/palé	27 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	22 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	594 pzas
Palés/contenedor 20'	8 palés
Módulos/contenedor 20'	216 pzas

Temperatura Varía (A-400M GS)



Irradiación Varía (A-400M GS)



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

ANEXO II: ESTRUCTURA SOPORTE

Artículo nº KHT915



Capacidad

De 1 a 20 módulos fotovoltaicos
Dispuestos en 1 fila

Inclinación del módulo

Instalación integrada en la cubierta
Mantiene la inclinación existente

Materiales

Aluminio - EN AW 6005A T6
Tomillería - Acero Inoxidable



Tamaño del módulo

Soposte válido para módulos de hasta 72 células

Instalaciones recomendadas

Cubiertas de teja



Planos incluidos



Fácil montaje



Estructura atornillada



ANEXO III: INVERSOR

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0
con SMA SMART CONNECTED



SERVIDO TAV-41 / SERVIDO TAV-41

Servicio inteligente con SMA Smart Connected

<p>Compacto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17,5 kg • Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto 	<p>Cómodo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación 100 % plug & play • Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places • Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected 	<p>De gran rendimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica • Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak o la comunicación TS4-R integrada 	<p>Combinable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento • Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos
--	--	--	--

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Boy 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Boy puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa los optimizadores de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.



Servicio técnico integrado para un confort absoluto

SMA Smart Connected* es la monitorización gratuita del inversor a través de Sunny Portal de SMA. Si se produce un error en un inversor, SMA informa de manera proactiva al operador de la planta y al instalador. Esto ahorrará valiosas horas de trabajo y costes.

Con SMA Smart Connected el instalador se beneficia del diagnóstico rápido de SMA, lo que le permite solucionar los errores con rapidez y ganarse la simpatía del cliente con atractivas prestaciones adicionales.



ACTIVACIÓN DE SMA SMART CONNECTED

El instalador activa SMA Smart Connected durante el registro de la planta en Sunny Portal y de este modo se beneficia de la monitorización automática de inversores por parte de SMA.



MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICA DE INVERSORES

Con SMA Smart Connected, SMA se hace cargo de la monitorización de los inversores. SMA supervisa cada uno de los inversores de forma automática y permanente para detectar anomalías en el funcionamiento. De este modo, los clientes se benefician de la vasta experiencia de SMA.



COMUNICACIÓN PROACTIVA EN CASO DE ERRORES

Tras el diagnóstico y el análisis de un error, SMA informa de inmediato al instalador y al cliente final por correo electrónico. Así todas las partes están perfectamente preparadas para corregir el error. Esto minimiza el tiempo de parada y, en consecuencia, ahorra tiempo y dinero. Gracias a los informes regulares sobre el rendimiento se obtienen valiosas conclusiones adicionales acerca del sistema completo.



SERVICIO DE RECAMBIO

En caso de requerirse un equipo de recambio, SMA suministra automáticamente un nuevo inversor en el plazo de 1 a 3 días tras diagnosticarse el error. El instalador puede dirigirse de forma activa al operador de la planta para la sustitución del inversor.



SERVICIO DE RENDIMIENTO

El operador de la planta puede exigir un pago compensatorio de parte de SMA si el inversor de recambio no se entrega dentro del plazo de 3 días.



Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A:2; B:2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,6%
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	●/●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	●/●/–				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	25 dB(A)				
Autoconsumo (nocturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	●/●/●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R				
Gestión de las sombras: OptiTrac Global Peak	●/○				
Garantía: 5/10/15 años	●/○/○				
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3-4, G83/2-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IEC-EN50438, NT_Ley20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 & TOR D4, PPDS, PPC, RD1699, TR3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014				
Certificados y autorizaciones (en planificación)	DEWA, IEC 61727, IEC 62116, MEA, NBR16149, PEA, SI4777, TR3.2.2				
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK				
<p>● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible Datos en condiciones nominales: 02/2019 1) 4600 W/4600 VA para VDE-AR-N 4105 2) AS 4777: 21,7 A</p>					
Modelo comercial	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41

ANEXO IV: CABLEADO

Top Cable

BAJA TENSIÓN CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV

TOPSOLAR PV



Norma de referencia

EA 0038

Norma nacional / Europea: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034
Norma internacional: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034

ZZ-F (AS)

Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

DISEÑO

Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228.

Aislamiento

Goma libre de halógenos tipo EI6.

Cubierta

Goma ignifugada tipo EM8, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

APLICACIONES

Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adecuados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Aptos para instalaciones interiores y exteriores.



❖ CARACTERÍSTICAS



Conductor:
Flexible clase
5/6



Radio de
curvatura:
3 x diámetro
exterior



Libre de
halógenos



Instalación al
aire libre:
permanente



Instalaciones solares
fotovoltaicas



Temperatura
mínima de servicio
móvil: -40°C



Marcaje:
metro a metro



Baja emisión de
humos.
Transmitancia
lumínica >60%



Resistencia
al agua: AD7
Inmersión



Intemperie



Temperatura
máxima del
conductor: 120°C



No propagación
de la llama



Baja emisión de
gases corrosivos



Resistencia a los
ataques químicos:
excelente



Temperatura
máxima en
cortocircuito:
250°C
(máximo 5 s)



No propagación
del incendio



Respetuoso
con el medio
ambiente



Resistencia a las
temperaturas
ambientales extremas:
excelente

Top Cable

TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)

DIMENSIONES

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre (A)	Superficie (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 2,5	5,6	52	41	33	23,0
1 x 4	6,1	68	55	44	14,3
1 x 6	6,7	89	70	57	9,49
1 x 10	7,8	136	98	79	5,46
1 x 16	8,8	193	132	107	3,47
1 x 25	10,8	294	176	142	2,23
1 x 35	11,9	390	218	176	1,58



ANEXO V: FUSIBLES

Hoja de características del producto

Características

DF2CN16

Fusibles de cartucho NFC, Tesys GS, cilíndrico 10 mm x 38 mm, fusible tipo gG, 500 VCA, 16 A, sin percutor



Principal

Gama de producto	Seccionador-fusible Tesys
Tipo de producto o componente	Cartucho fusible
Nombre corto del dispositivo	DF2
[Ue] Tensión nominal de empleo	500 V C.A.
[In] Corriente nominal	16 A 500 V
Tamaño de fusible	10 x 38 mm
Tipo de fusible	NFC
Cantidad por juego	Juego de 10

Complementario

Curva del fusible	GG
Peso del producto	0,01 kg

Packing Units

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	7 g
Paquete 1 Altura	1,3 cm
Paquete 1 ancho	5,4 cm
Paquete 1 Longitud	8 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	10
Peso del paquete 2	80 g
Paquete 2 Altura	1,3 cm
Ancho del paquete 2	5,4 cm



Longitud del paquete 2	8 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S01
Número de unidades en el paquete 3	720
Paquete 3 Peso	5,816 kg
Paquete 3 Altura	15 cm
Ancho del paquete 3	15 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
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.
Sin PVC	Sí

Información Logística

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

Garantía contractual

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

ANEXO VI: INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

PRODUCT-DETAILS

SV201-C25NA

Miniature Circuit Breaker - SV200 - 1+NP - C -
25 ampere



General Information

Extended Product Type	SV201-C25NA
Product ID	2CDS211166R0254
EAN	4016779644020
Catalog Description	Miniature Circuit Breaker - SV200 - 1+NP - C - 25 ampere
Long Description	SV201-C 25 NA MiniCircuitBreaker C-Char.,6kA,25A,1P,+NA

Technical

Standards	IEC/EN 60898-1
Number of Poles	1+N
Number of Protected Poles	1
Tripping Characteristic	C
Rated Current (I_n)	25 A
Rated Operational Voltage	acc. to IEC 60898-1 230 V AC
Rated Insulation Voltage (U_i)	acc. to IEC/EN 60664-1 440 V
Rated Frequency (f)	50 Hz 60 Hz
Rated Short-Circuit Capacity (I_{cn})	(230 V AC) 6 kA
Energy Limiting Class	3
Overvoltage Category	III
Pollution Degree	2

ANEXO VI: INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

Rated Impulse	(5.0 kV @ 2000 m)
Withstand Voltage (U _{imp})	(6.2 kV @ sea level) 4 kV
Degree of Protection	IP20
Connecting Capacity	Flexible with Ferrule 0.75 ... 16 mm ² Flexible 0.75 ... 16 mm ² Rigid 0.75 ... 25 mm ² Stranded 0.75 ... 25 mm ²
Built-In Depth (t ₂)	69 mm
Position of Neutral Terminals	Right

Environmental

Ambient Air Temperature	Operation -25 ... +55 °C
Resistance to Shock acc. to IEC 60068-2-27	25g / 2 shocks / 13 ms
RoHS Status	Following EU Directive 2011/65/EU

Dimensions

Product Net Width	35 mm
Product Net Depth / Length	69 mm
Product Net Height	88 mm
Product Net Weight	0.25 kg

Container Information

Package Level 1 Units	carton 5 piece
Package Level 1 Width	183 mm
Package Level 1 Depth / Length	92 mm
Package Level 1 Height	80 mm
Package Level 1 Gross Weight	1.3 kg
Package Level 1 EAN	4016779644020
Package Level 2 Units	60 piece
Package Level 2 EAN	4016779987622

Ordering

Minimum Order Quantity	1 piece
Customs Tariff Number	85362010

Certificates and Declarations (Document Number)

Declaration of Conformity - CE	9AKK107046A5460
Environmental Information	2CDK400030D0201
RoHS Information	2CDK400030D0201

Popular Downloads

Data Sheet, Technical	2CSC400030D0202
-----------------------	-----------------

ANEXO VII: INTERRUPTOR DIFERENCIAL

PRODUCT-DETAILS

F202 A-25/0,03

Int.dif.F202A-25/0,03 2p 25A A 30mA



Información General

Extended Product Type	F202 A-25/0,03
Product ID	2CSF202101R1250
EAN	8012542782506
Catalog Description	Int.dif.F202A-25/0,03 2p 25A A 30mA
Long Description	The RCCBs F200 series assures protection to people and installations against fault current to earth. A large offer for standard instantaneous and selective AC and A types is completed with some configurations for special applications.

Technical

Standards	IEC/EN 61008 UL 1053
Operating Characteristic	Instantaneous
Type of Residual Current	A type
Rated Residual Current	30 mA
Rated Current (I_n)	25 A
Number of Poles	2
Power Loss	at Rated Operating Conditions per Pole 1 W
Rated Voltage (U_r)	230/400 V
Rated Frequency (f)	50/60 Hz



ANEXO VII: INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Ambient Air Temperature	Funcionamiento -25...55 °C
Connecting Capacity	Busbar 10 mm ² Rigid 25 ...25 mm ² Flexible 25 ...25 mm ²
Degree of Protection	IP2X
Electrical Endurance	10000 cycle
Mounting Type	DIN rail
Object Classification Code	Q
Pollution Degree	2
Rated Conditional Short-Circuit Current (I_{nc})	10 kA
Rated Insulation Voltage (U_i)	500 V
Rated Operational Voltage	230 V AC
Width in Number of Modular Spacings	2

Ambiente

Ambient Air Temperature	Funcionamiento -25...55 °C
RoHS Status	Following EU Directive 2011/65/EU

Technical UL/CSA

Maximum Operating Voltage UL/CSA	277 V AC
----------------------------------	----------

Dimensiones

Product Net Width	0.035 m
Product Net Height	0.085 m
Product Net Depth / Length	0.069 m
Product Net Weight	0.200 kg

Información de Embalaje

Package Level 1 Units	1 piece
Package Level 1 Width	0.041 m
Package Level 1 Height	0.078 m
Package Level 1 Depth / Length	0.096 m
Package Level 1 Gross Weight	0.225 kg
Package Level 1 EAN	8012542782506

Clasificación

Minimum Order Quantity	1 piece
------------------------	---------

ANEXO VII: INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Customs Tariff Number	85363030
E-Number (Sweden)	2160114
E-Number (Finland)	3259225

Certificados y Declaraciones (Número de Documento)

Declaration of Conformity - CE	9AKK106713A5602
Environmental Information	Refer to RoHS
Instructions and Manuals	9AKK107991A6127
RoHS Information	2CSC423001K2702

Descargas Populares

Data Sheet, Technical Information	9AKK107046A0424
Instructions and Manuals	9AKK107991A6127

Clasificaciones

Object Classification Code	Q
ETIM 4	EC000003 - Residual current circuit breaker (RCCB)
ETIM 5	EC000003 - Residual current circuit breaker (RCCB)
ETIM 6	EC000003 - Residual current circuit breaker (RCCB)
ETIM 7	EC000003 - Residual current circuit breaker (RCCB)

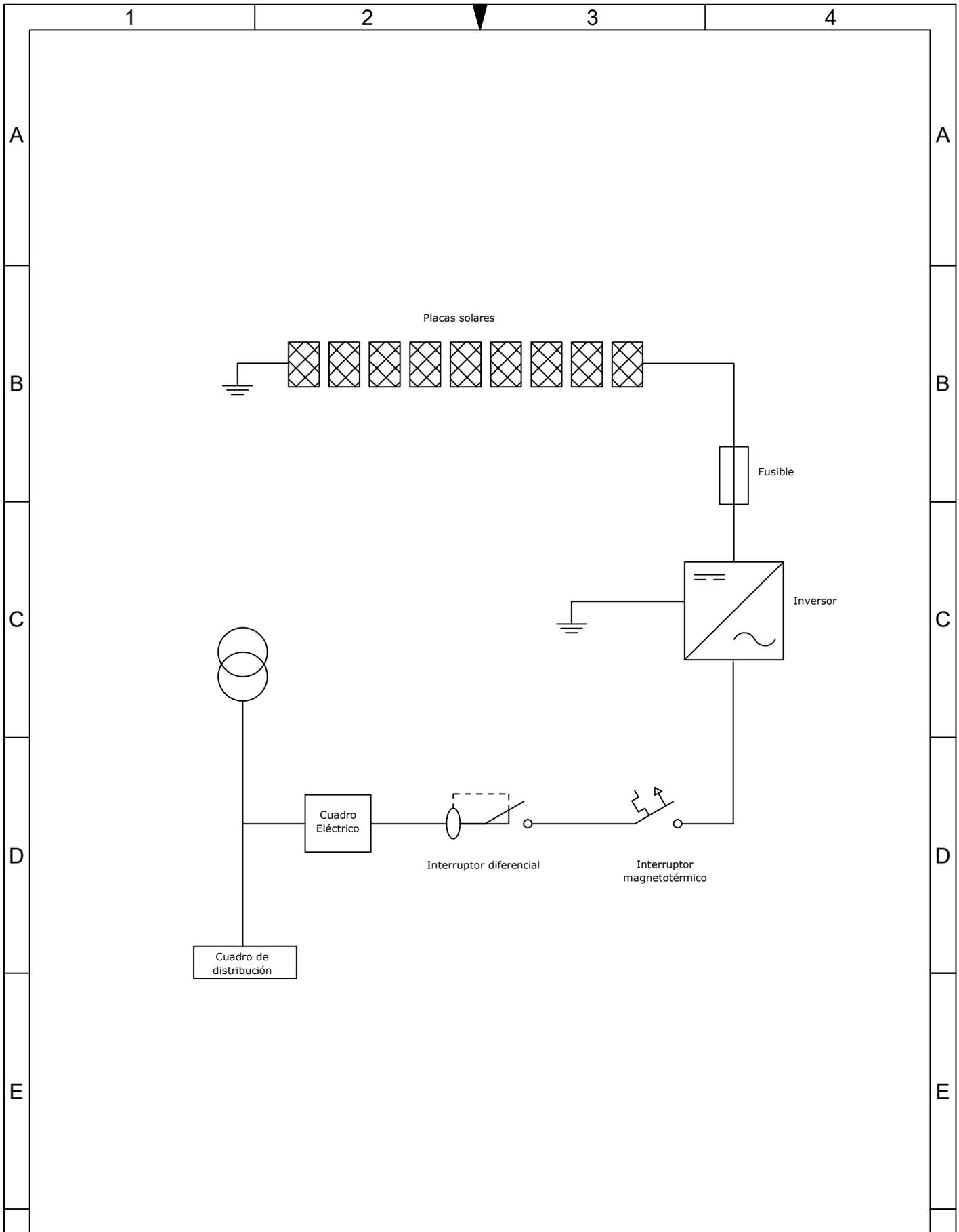
Categorías

Productos y sistemas de baja tensión → Aparatos modulares de instalación → Interruptores diferenciales → Interruptores diferenciales

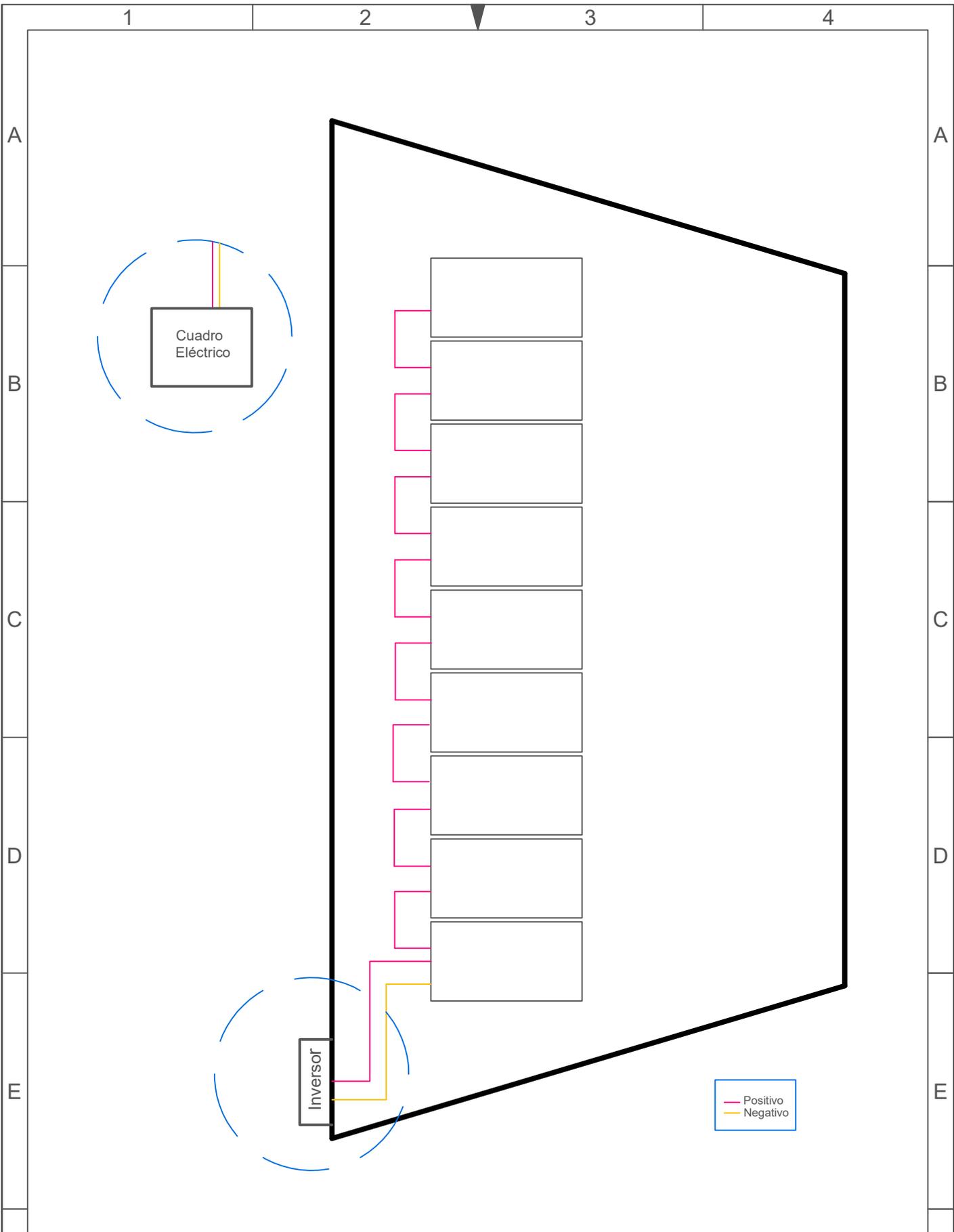


Documento II: PLANOS





No. de Lámina 1		Esquema Unifilar
NOMBRE:	FECHA:	
CARLOTA PÉREZ RODRÍGUEZ	30/06/21	TFG: Ahorro de consumo de electricidad en una instalación de placas solares para una vivienda
FIRMA 	I.C.A.I.	



No. de Lámina <p style="text-align: center;">2</p>		<p style="text-align: center;">Tejado 1. Plano ubicación elementos</p>
NOMBRE:	FECHA:	TFG: Ahorro de consumo de electricidad en una instalación de placas solares para una vivienda
CARLOTA PÉREZ RODRÍGUEZ	30/06/21	
FIRMA 		<h1>I.C.A.I.</h1>

