



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Fernández Penalva, Jorge

Tutor/a: Abellán García, Antonio

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo realizar un análisis y dimensionado de una instalación fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar en Sant Vicent del Raspeig (Alicante). Se realizará el dimensionado según la normativa vigente y se calcularán todos los parámetros fundamentales para obtener el máximo rendimiento.

Se realizará un estudio económico y energético que nos permita saber la inversión necesaria para esta instalación y como de rentable es teniendo en cuenta la situación del mercado energético actual.

Se realizará un presupuesto del coste del sistema solar fotovoltaico y se calculará el retorno de inversión demostrando la viabilidad del proyecto o en caso contrario que posibilidades se encuentran a nuestra disposición.

Palabras clave

Sistema fotovoltaico; Sistema conectado a red; Placas Solares; Energía;



RESUM

El present document té com a objectiu realitzar una anàlisi i dimensionament d'una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa d'un habitatge unifamiliar a Sant Vicent del Raspeig (Alacant). Es realitzarà el dimensionament segons la normativa vigent i es calcularan tots els paràmetres fonamentals per a obtenir el màxim rendiment.

Es realitzarà un estudi econòmic i energètic que ens permetrà saber la inversió necessària per a aquesta instal·lació i com de rendible és tenint en compte la situació del mercat energètic actual.

Es realitzarà un pressupost del cost del sistema solar fotovoltaic i es calcularà el retorn d'inversió demostrant la viabilitat del projecte o en cas contrari que possibilitats es troben a la nostra disposició.

Paraules claus

Sistema fotovoltaic; Sistema connectat a xarxa; Plaques Solars; Energia;



ABSTRACT

The objective of this document is to analysis and size of a photovoltaic installation connected to the network of a single-family home in Sant Vicent del Raspeig (Alicante). The sizing will be carried out according to current regulations and all the fundamental parameters will be calculated to obtain maximum performance.

An economic and energy study will be carried out that allows us to know the necessary investment for this installation and how profitable it is taking into account the current energy market situation.

A budget of the cost of the photovoltaic solar system will be made and the return on investment will be calculated, demonstrating the viability of the project or, if not, what possibilities are available to us.

Keywords

Photovoltaic System; Networked System; Solar Panels; Energy;



Contenido

1.	Índice de tablas, ilustraciones y gráficos.....	7
1.1	Tablas	7
1.2	Ilustraciones	7
1.3	Gráficos	7
2.	Introducción	8
2.1	Energía.....	8
2.2	Energía Solar.....	8
2.3	Efecto Fotovoltaico	9
2.4	Célula Solar y Principio de funcionamiento	9
2.5	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	11
2.5.1	Instalaciones Autónomas	11
2.5.2	Instalaciones conectadas a red	12
2.6	Elementos de un Sistema Fotovoltaico.....	13
2.6.1	Panel Fotovoltaico.....	13
2.6.2	Estructura	15
2.6.3	Regulador	17
2.7	Estado actual del mercado.....	17
2.8	Normativa Vigente	19
3	Objetivo del Proyecto.....	20
4	Memoria descriptiva	21
4.1	Antecedentes y propósito del proyecto.....	21
4.2	Emplazamiento.....	21
4.3	Descripción de la Instalación.....	22
4.3.1	Estudio de consumo eléctrico	22
4.3.2	Orientación de los paneles fotovoltaicos.....	24
4.4	Selección de Componentes	26
4.4.1	Paneles fotovoltaicos	26
4.4.2	Estructura	29
4.4.3	Inversor	30
4.4.4	Cableado.....	30
4.4.4.1	Corriente Continua.....	31



4.4.4.2	Corriente alterna	32
5	Puesta a tierra	36
6	Protecciones	37
6.1	Protección en Corriente Continua	37
6.1.1	Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos	37
6.2	Protección en Corriente Alterna	37
6.2.1	Protección contra sobrecargas.....	38
6.2.2	Protección contra cortocircuitos.....	38
7	Presupuesto	39
8	Estudio Económico	40
8.1	Valor Actual Neto (VAN).....	40
8.2	Tasa Interna de Rentabilidad	43
9	Pliego de Condiciones	44
9.1	Antecedentes	44
9.2	Promotor	44
9.3	Objeto.....	44
9.4	Generalidades	44
9.5	Características de la instalación fotovoltaica	45
9.5.1	Placas fotovoltaicas	45
9.5.2	Estructura de soporte.....	45
9.5.3	Inversor	45
9.5.4	Cableado.....	45
9.5.5	Protecciones.....	46
9.5.6	Conexión a la red.....	46
9.5.7	Puesta a tierra	46
9.5.8	Producción energética	46
9.5.9	Recepción y pruebas	46
9.6	Plazo de ejecución.....	47
10	Conclusiones.....	48
11	Bibliografía	49



1. Índice de tablas, ilustraciones y gráficos

1.1 Tablas

Tabla 1: Clasificación de Paneles de Silicio.....	13
Tabla 2: Estudio de consumo eléctrico de la vivienda	22
Tabla 3: Estudio del consumo eléctrico de la vivienda corregido	23
Tabla 4: Irradiación solar estimada por PVGIS	25
Tabla 5: Irradiación solar estimada por PVGIS 2	28
Tabla 6: Irradiación solar estimada por PVGIS 3	29
Tabla 7: Conductividad eléctrica	31
Tabla 8: Límites de caída de tensión	32
Tabla 9: Tipos de instalación de cables no enterrados	34
Tabla 10: Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados	35
Tabla 11: Presupuesto.....	39
Tabla 12: Valor Actual Neto (VAN).....	41
Tabla 13: Valor Actual Neto Corregido.....	42
Tabla 14: Tasa Interna de Rentabilidad.....	43

1.2 Ilustraciones

Ilustración 1: Estructura de cubiertas inclinadas	16
Ilustración 2: Estructura para superficies inclinadas.....	16
Ilustración 3: Consumo horario Fuente: REE Guía de consumo inteligente	18
Ilustración 4: Ubicación de la vivienda.....	21
Ilustración 5: Superficie disponible en la vivienda	21

1.3 Gráficos

Gráfica 1: Irradiación mensual sobre plano fijo	26
Gráfica 2: Gráfica V-A de los módulos fotovoltaicos.....	27



2. Introducción

2.1 Energía

Para comenzar, es fundamental entender el concepto de energía. Por tanto, ¿qué es la energía? En física se considera a la energía como la capacidad de realizar un trabajo, acción o movimiento. En este proceso se consume una energía (independientemente de la fuente) que se transforma en otro tipo de energía. Para poner un ejemplo, en un tren a vapor se quema carbón produciendo energía térmica, esta calienta el agua hasta evaporarla generando presión en la caldera, que empuja los pistones del motor del tren produciendo una energía dinámica.

En todo este proceso solo ha habido transformación de la energía de un estado a otro hasta conseguir el trabajo deseado. Como bien dijo Antoine Lavoisier “La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma” y es exactamente lo que ha sucedido.

Al igual que el tren de vapor ha obtenido energía para su funcionamiento, todo lo que requiera realizar un trabajo o cambiar de estado requiere de energía para realizarlo.

Los humanos también requerimos de energía y nuestra forma de obtenerla es a través de la ingesta de calorías. Nuestros cuerpos consumen una media diaria de 10,46MJ o 2,9kWh. Esta cantidad de energía únicamente la consumimos viviendo. Por lo que si a esta cantidad le sumamos el transporte, calefacción, iluminación y otras actividades diarias, la energía consumida se incrementa considerablemente.

En Europa se consume una media diaria de 114 kWh, lo que supone un incremento de 3.877% en comparación con el consumo que nuestro cuerpo requiere. En España el consumo medio diario de una vivienda es de 9 kWh solo en electricidad.

2.2 Energía Solar

El Sol, nuestra estrella es la mayor fuente de energía a nuestro alcance y la mayor parte de la energía disponible en la tierra proviene directa o indirectamente de él.

El Sol obtiene su energía a partir de reacciones nucleares de fusión que llevan a la temperatura de su núcleo hasta 10^7 K. Esta energía se transporta hasta su superficie donde se estima que la temperatura es de 6000°K. Su superficie emite una radiación electromagnética y es esta radiación la que proporciona energía solar a la Tierra.

La mayoría de las fuentes de energía provienen directa o indirectamente del Sol. La radiación solar permite la fotosíntesis, que es el proceso que utilizan las plantas y otros organismos para transformar el agua, dióxido de carbono y minerales en oxígeno y en compuestos orgánicos complejos. Gracias a la presión y a la temperatura del interior de la tierra durante millones de años se transforman en combustibles fósiles. El Sol también es el responsable de la energía hidráulica e hidroeléctrica. Formando corrientes de viento por la diferencia de temperatura en este producida por el calentamiento de la superficie de la Tierra y evaporando el agua generando el ciclo del agua. Toda esta energía producida por la radiación solar se transforma al entrar en contacto con la Tierra convirtiéndose en otro tipo de energía.



Por tanto, la Energía Solar es aquella que se basa en la transformación de radiación electromagnética proveniente del Sol en cualquier otra forma de energía aprovechable. Hasta ahora solo se han descubierto dos formas de aprovechar la Energía Solar, la Energía Solar Térmica y la Energía Solar Fotovoltaica.

La Energía Solar Térmica basa su funcionamiento en el aprovechamiento del calor producido por la radiación solar. A pequeña escala esto se puede ver aplicado al calentamiento de agua a partir de captadores solares. A mayor escala podemos ver centrales solares termoeléctricas que, a través de espejos, concentran toda la energía sobre un mismo punto para calentar agua generando energía mediante turbinas.

La Energía Solar Fotovoltaica también funciona mediante radiación, pero de una manera más directa. La producción de electricidad se realiza mediante propiedades químicas de algunos materiales capaces de producir electricidad ante la exposición a la radiación electromagnética. A esto se le conoce como el efecto fotovoltaico. Esta alternativa ofrece numerosas ventajas, como el autoabastecimiento o la descentralización energética, eliminando costes por transporte e intereses.

2.3 Efecto Fotovoltaico

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el físico francés Edmon Becquerel en 1839. En uno de sus múltiples experimentos que hizo para estudiar la electricidad, observó que dos planchas de metal, sumergidas en un líquido conductor y expuestas a la luz del sol, generaban un pequeño voltaje. Cuarenta años más tarde Willoughby Smith, un noble inglés, descubrió un material sensible a la luz, el selenio. Estudios posteriores con este elemento permitieron a Adams y Daays comprobar que la luz excitaba el selenio y se generaba electricidad. En 1886 un industrial americano, Charles Firtts, desarrolló la primera célula de selenio, pero la primera célula fotovoltaica no se fabricó hasta el año 1954 en los laboratorios Bell. Podemos decir que el efecto fotovoltaico es la capacidad de elementos químicos para absorber fotones y luego liberar una corriente de electrones que, si se captura, puede ser utilizada como electricidad.

Esta transformación se realiza mediante unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos, compuesto a su vez de células fotovoltaicas.

2.4 Célula Solar y Principio de funcionamiento

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales semiconductores sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad es la P. La parte N debe de ser capaz de ceder parte de sus electrones con facilidad, mientras que el de tipo P debe ser capaz de aceptar fácilmente electrones adicionales.

El circuito está compuesto por dos capas de dióxido de silicio y aluminio y la superficie anti reflectante para facilitar la absorción de luz solar. En la estructura del silicio los átomos están



unidos entre sí, impidiendo la libertad de movimiento de los electrones. La capa de valencia del átomo de silicio está formada por cuatro electrones y al quedar el orbital incompleto, esos electrones se unen mediante enlaces covalentes a los átomos de silicio vecinos hasta alcanzar el equilibrio químico. Cuando incide la radiación sobre el semiconductor, se produce una excitación de los electrones de las capas exteriores. Al absorber suficiente energía los electrones se liberan del enlace covalente circulando por la red cristalina y formando una vacante en la estructura del silicio. Esto se conoce como hueco, comportándose como una carga positiva.

Para mantener la caída de potencial sin que se recombinen los electrones, se recurren a alteraciones en el material semiconductor. Los semiconductores N y P son elementos a los que se les añade impurezas durante su fabricación para darle propiedades fotovoltaicas distintas modificando el equilibrio químico de estas. Los semiconductores de tipo N ahora sus átomos estarán formados por cinco electrones en su orbital externo, mientras que los semiconductores de tipo P estarán formado por átomos de tres electrones.

El silicio es el elemento principal de los dispositivos. Cuando un fotón altera un electrón del material, comienza el efecto fotovoltaico. La energía que producen los fotones, los electrones producidos tienen que conseguir vencer la fuerza que les atrae al núcleo, también conocida como energía de valencia. Cuando el electrón queda libre del átomo, se transporte y desplace por el material. El silicio, así, se comporta como un material conductor.

Al recibir radiación en esta nueva capa N, los electrones entran en la red cristalina, uniéndose cuatro electrones de silicio y dejando al quinto electrón como portador de la carga libre. En el caso del semiconductor P, los tres electrones de silicio se enlazan entre sí, dejando el cuarto electrón sin enlazar y produciendo un hueco en la red cristalina.

Cuando se produce una unión entre la capa N y la capa P, produce que los electrones cargados de la capa N circulen a la capa P para ocupar los huecos, atrapando las cargas positivas en la capa P y las cargas negativas en la capa N. Esta unión se la conoce como unión NP y es la encargada de producir la diferencia de potencial. Cuando se supera esta diferencia de potencial en la célula se genera una corriente eléctrica que puede ser utilizada por la carga.

Del 100% de energía recibida en el panel fotovoltaico, solo una pequeña parte es transformada a energía eléctrica útil. El reparto de la energía sobre el panel fotovoltaico sobre el 100% de la energía solar incidida se divide en:

- 3% pérdidas por reflexión y sombreado sobre los contactos frontales.
- 23% fotones con longitudes de onda larga, con una energía insuficiente para liberar electrones. Disipando la energía como calor.
- 32% fotones con longitud de onda corta, con exceso de energía.
- 8.5% recombinación de portadores de cargas libres.
- 20% gradiente eléctrico en la célula, sobre todo en las regiones de transición.
- 0.5% resistencia en serie que representa las pérdidas por conducción.
- 13% energía eléctrica utilizable.



2.5 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos abarca a todos los elementos eléctricos y electrónicos que dotan a una instalación eléctrica de la capacidad de generar y consumir energía producida mediante radiación solar. El componente más importante de estos sistemas es el módulo o panel fotovoltaico, compuesto de las células fotovoltaicas encargadas de la transformación de los fotones recibidos mediante radiación solar en energía eléctrica de corriente continua. El resto de los componentes de estos sistemas suelen ser comunes a todos los sistemas fotovoltaicos, pero dependiendo de la destinación de este, pueden variar o incluir otros elementos complementarios, como por ejemplo las baterías. En términos generales, los sistemas fotovoltaicos pueden dividirse en tres grupos:

- Conectados a red.
- Aislados o autónomos.
- Híbridos

2.5.1 Instalaciones Autónomas

En este tipo de instalaciones se caracterizan por no estar conectadas a la red eléctrica y abastecer toda la demanda mediante su producción propia. Estas instalaciones requieren de baterías u otros equipos de apoyo para garantizar el suministro. Como la producción fotovoltaica se genera en las horas centrales del día, si la instalación no requiere de baterías, resulta imposible satisfacer la demanda eléctrica en todo momento mediante la instalación fotovoltaica. Por este motivo, este tipo de instalaciones deberán dimensionarse para atender la demanda contando con la potencia necesaria para satisfacer el consumo habitual del consumidor.

Hay tres variables, aparte de la demanda que deberemos tener en cuenta a la hora de dimensionar la instalación y que repercuten en el coste de esta. Son la potencia instantánea, los días de autonomía y la superficie necesaria.

Esto principalmente sucede cuando el sistema a electrificar tiene difícil acceso a la red eléctrica. Por su ubicación podemos distinguir dos grandes grupos:

- **Aplicaciones espaciales:** sirve para alimentar de energía eléctrica a elementos colocados en el espacio, como satélites de telecomunicaciones, estaciones espaciales, etc..
- **Aplicaciones terrestres:** entre las que cabe destacar:
 - **Alumbrado público:** zonas donde resulta difícil llevar la línea eléctrica.
 - **Señalización:** se refiere, por ejemplo, a señales de tráfico luminosas y carteles móviles con baterías.
 - **Telecomunicaciones:** telefonía rural, con torres aisladas para crear comunicación, repetidores de móvil y televisión.
 - **Electrificación de zonas rurales y aisladas:** se pueden realizar en cualquier parte, está pensado para regiones en desarrollo y para todas aquellas zonas que no dispongan de acceso a la red eléctrica comercial.



- **Bombeo de agua:** en lugares tales como granjas o campos. Se puede usar en cualquier lugar, tanto para agua potable como para agua de riego.
- **Redes VSAT:** redes privadas de comunicación para una empresa u organización, que actúan a través de un satélite. La energía solar se usa para alimentar a la red.
- **Telemetría:** permite realizar medidas sobre variables físicas y comunicarla a una central.

2.5.2 Instalaciones conectadas a red

En este tipo de instalaciones, sí se encuentran conectados a red, pudiendo tanto consumir como volcar energía a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones son mucho más baratas puesto que no cuentan con sistemas de almacenaje de energía, pero con el problema de que seguirán consumiendo a la red en caso de no producir la suficiente. Para ello, se ha de decidir una tasa de autoabastecimiento, que representa el porcentaje que supone la energía que produce el consumidor frente a la energía total que demanda. Si se genera más energía eléctrica que la consumida esta puede ser vendida a la red eléctrica, lo que permite generar industria alrededor y que haya huertos solares alimentando a la red. Los principales casos de uso son:

- Centrales fotovoltaicas y huertos solares: recinto en el que se sitúa numerosas instalaciones solares de diferentes propietarios con el fin de vender la energía eléctrica producida. La energía puede venderse a nombre de un usuario o de una sociedad. Esto posibilita mejoras de mantenimiento de la instalación, vigilancia, pólizas de seguros, etc...
- Edificios fotovoltaicos: la rápida evolución de estos productos ha permitido instalar paneles en fachadas, cubiertas y cerramientos. Además, la energía fotovoltaica es la más adecuada para entornos urbanos sin provocar efectos ambientales adversos.

2.6 Elementos de un Sistema Fotovoltaico

A pesar de los diferentes tipos de instalaciones fotovoltaicas, hay elementos comunes para todas las instalaciones y hay elementos característicos de cada tipo de instalación. Estos elementos son seleccionados teniendo en cuenta el tipo de instalación y los requerimientos de esta. Los elementos principales son:

2.6.1 Panel Fotovoltaico

Como se ha explicado anteriormente, los paneles fotovoltaicos están compuestos de células fotovoltaicas, conectadas eléctricamente, encapsulados y montados sobre una estructura de soporte. Proporciona una salida en tensión continua y se diseñará para la tensión a la que trabajará (6V, 12V, 24V...).

Las células fotovoltaicas son las encargadas de la producción de electricidad para el sistema. Existen diferentes tipos de tecnología en cuanto a materiales se refiere. La primera división que puede establecerse es entre células basadas en obleas de materiales semiconductores y las células de tecnología de capa fina. Esta es la denominada **1ª generación**, siendo el silicio cristalino el material semiconductor predominante en el mercado, ocupando un 90% del mercado mundial. Incluyendo el silicio monocristalino y el silicio policristalino. Podemos ver sus características en la siguiente tabla:

Panel	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24%	15-18%	Típicamente azul homogéneo y las celdas conectadas individualmente entre sí.	Silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	Superficie estructurada en cristales con distintos tonos de azul.	Igual que el monocristalino, pero con menos fases de cristalización.
	Amorfo	16%	<10%	Tiene un color homogéneo (marrón) y no existe conexión visible entre las células.	Se deposita en forma de lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla 1: Clasificación de Paneles de Silicio



Que los rendimientos de las células sean tan bajos se debe a los siguientes motivos:

- **Energía de los fotones incidentes:** los fotones de la luz solar no tienen la suficiente carga para romper el enlace del núcleo con el electrón no permitiendo la generación del par electrón-hueco. También puede ocurrir que, si los fotones tienen demasiada energía, el excedente que desperdicia en forma de calor. Este factor puede suponer hasta un 50% de rendimiento perdido en la generación de energía fotovoltaica en una célula.
- **Reflexión:** debido a la luz del sol reflejada por las células, produce pérdidas de rendimiento de más de un 10%.
- **Recombinación:** debido a las imperfecciones producidas durante la fabricación, parte de los electrones liberados se vuelven a combinar con huecos cercanos sin generar corriente eléctrica. Por este motivo se puede perder hasta 15% de rendimiento.
- **Otros:** por el calentamiento de las células de silicio se calcula que se pierde un 2%. Por las sombras generadas en los contactos eléctricos por donde circulan los electrones liberados se estima un 10% en pérdidas.

Una vez hemos restado todas estas pérdidas de rendimiento, nos queda como resultado el porcentaje de rendimiento real de las células solares. Pero actualmente, se están realizando múltiples investigaciones para reducir los costes de pérdidas y lograr células más eficientes.

La **2ª generación** está basada en el método de producción epitaxial (depósito de una sobrecapa cristalina sobre un sustrato cristalino, donde hay registro entre la sobrecapa y el sustrato) para crear láminas mucho más finas y flexibles. La eficiencia oscila entre los 28 y 30%, siendo otra de sus principales ventajas, pero el coste de fabricación es bastante superior a las de primera generación, limitando su uso al sector aeronáutico y espacial.

Algunos expertos hablan de paneles solares de bajo costo haciendo uso de materiales distintos al silicio, como las microestructuras CIGS, denominadas así por los materiales que lo componen (cobre, indio, galio y selenio).

Los paneles de **3ª generación** se encuentran todavía en experimentación, pero pretende mejorar aún más los paneles de capa fina. Consiste en el desarrollo de nuevos materiales y trabajan con tecnologías nuevas, como los huecos cuánticos, nanotubos de carbono o nanoestructuras de óxido de titanio con colorante (DSSC). Con ellas se podría producir pintura que recubrirían las casas y las carreteras y al mismo tiempo generarían energía eléctrica.

Las células fotovoltaicas están conectadas entre sí en serie y/o en paralelo de manera que la tensión y corriente producidas se ajusten lo máximo posible al valor deseado. Lo habitual es la conexión en serie hasta alcanzar la tensión deseada a la salida del generador fotovoltaico y posteriormente se unen las ramas en paralelo para alcanzar la corriente deseada.

Para dimensionar nuestra instalación deberemos tener en cuenta los parámetros eléctricos de los paneles y las características de nuestro sistema para poder realizar la mejor elección. Los parámetros a tener en cuenta son:

- **Corriente de cortocircuito (I_{sc}):** es la máxima intensidad que se genera en el panel cuando no está conectada a ninguna carga y se cortocircuitan sus bornes.



- **Tensión de circuito abierto** (V_{oc}): es la máxima tensión que proporciona el panel cuando no hay conectada ninguna carga entre los bornes del panel y esos bornes se encuentran al aire.
- **Punto de máxima potencia** (I_{mpp} , V_{mpp}): es el punto donde la potencia entregada es máxima, obteniéndose el mayor rendimiento posible para el panel.
- **Factor de forma** (FF): Es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto de la corriente de máxima potencia (I_{mpp}) y la tensión de máxima potencia (V_{mpp}). Este parámetro sirve para conocer la curva característica I-V de los paneles.
- **Eficiencia y rendimiento** (η): es el coeficiente entre la potencia máxima que el panel puede entregar y la potencia de radiación solar incidente. Los máximos niveles que se suelen encontrar rondan alrededor de los 18%.

Todos estos parámetros deben ser entregados por el fabricante en las características del módulo fotovoltaico. Pero debemos tener en cuenta que estas características han sido tomadas utilizando como referencia las Condiciones Estándar de Medida (CEM). Estas condiciones estandarizan la irradiación y temperatura de funcionamiento de manera que todos los paneles se puedan comparar en las mismas condiciones y haya una referencia global. Las Condiciones Estándar de Medida son:

- Irradiancia: 1000 W/m^2
- Presión a nivel del mar
- Temperatura de trabajo: 25°C

2.6.2 Estructura

La estructura es fundamental para otorgar a los paneles la orientación e inclinación que necesitan para poder aprovechar la máxima radiación solar posible. Pero los distintos tipos de superficies y las condiciones climáticas obligan a la necesidad de contar con diferentes estructuras solares que puedan adaptarse a las necesidades.

La situación geográfica es el primer factor para conocer la inclinación de los paneles. Esto se debe a como inciden los rayos solares en diferentes latitudes. Es decir, el Sol no incide en las mismas latitudes en el ecuador como en el polo norte ni incide de igual manera en diferentes estaciones del año, por lo que debemos estudiar la inclinación con mayor rendimiento basándonos en las variaciones de ángulos de radiación solar en una zona concreta dependiendo de la estación del año que lo queramos optimizar.

Las condiciones climáticas determinan todas las demás características de la estructura. Los principales factores que influyen son:

- Velocidad media del viento: vientos fuertes nos obligarán a aumentar las fijaciones y seguridad del sistema.
- Días nublados: el número medio de días nublados nos indicará el número de paneles fotovoltaicos que necesitaremos para alimentar nuestra instalación, y con ello su estructura.
- Nieve: En zonas donde el número de días de nieve anualmente sea considerable, deberemos adaptar los paneles con una inclinación superior para que la nieve no se acumule encima y soporte mayor carga de la recomendada. También pudiendo tapar

parcial o totalmente los paneles con la nieve evitando captar la radiación solar de manera eficiente.

- Humedad: La abrasión producida por la humedad nos indica que debemos utilizar acero o metales galvanizados.

Solo nos queda estudiar el terreno donde se va a colocar para tener una idea clara de la estructura de los paneles. Las estructuras se van a localizar en diferentes superficies como las que podría ser un tejado inclinado o como puede ser a nivel de suelo. Es por eso por lo que puede variar mucho dependiendo de esas condiciones. Se puede dividir en los siguientes grupos:

- **Estructura para cubiertas inclinadas:** Son la opción más económica y para instalaciones en viviendas se consideran la mejor opción, también recomendable para grandes superficies como las cubiertas de naves industriales. De rápido montaje y totalmente ajustable permite disponer los paneles tanto en serie como en paralelo adaptándose al espacio de la superficie. En ciertas ocasiones, donde las instalaciones son sobre tejado y tiene una orientación hacia el Sur y una inclinación óptima, lo más conveniente sería la colocación de una **estructura coplanar** como la de la imagen. Su fijación se hace mediante perfiles de aluminio donde irán los paneles.



Ilustración 1: Estructura de cubiertas inclinadas

- **Estructura para superficies planas:** Este tipo de instalaciones permiten la instalación de estructuras ajustables que regulen su inclinación en función del ángulo requerido. Estas estructuras permiten ser instaladas en cubiertas planas como en el suelo, y en función de la utilidad que se les quiera dar, ajustar a un ángulo u otro de manera sencilla. Cuando el sistema está previsto para todo el año su ángulo de inclinación será mayor, permitiendo así aprovechar los rayos de sol en los meses de Diciembre y Enero, meses donde la altura del sol es muy baja.



Ilustración 2: Estructura para superficies inclinadas



2.6.3 Regulador

Para el caso de los sistemas fotovoltaico con almacenamiento, es necesario un elemento para la regulación de las cargar situado entre los paneles y las baterías. El regulador es el encargado de mantener las baterías en puntos de carga óptimos y evitar la sobredescarga a fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja en ambas zonas, es la encargada de garantizar la suficiente carga al acumulador y evitar las posibles sobrecargas, y también se encargará de asegurar el suministro diario mínimo necesario y evitar la descarga por encima del límite recomendado.

Debido a que los paneles tienen una tensión nominal que el de las baterías, si no existiera el regulador las baterías quedarían desprotegidas ante sobrecargas.

Por parte de los fabricantes tenemos la hoja de características con los valores de trabajo del regulador:

- Características físicas: peso, dimensiones, materiales, etc...
- Características eléctricas.
- Normativa de seguridad.

En los catálogos también se nos indica el tipo de regulación que realizará (en serie o en paralelo), el tipo de baterías que se le pueden conectar, al igual que las alarmas que dispone ante mal funcionamiento y sus protecciones.

2.7 Estado actual del mercado

En el panorama energético y medioambiental mundial actual, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes incluso fuera del Protocolo de Kioto se ha convertido en un objetivo prioritario. Parte de la solución es aprovechar las energías alternativas y renovables para usarlas juntas y depender menos de los combustibles fósiles. El sol es sin duda una fuente de energía renovable con un gran potencial y puede ser utilizada con el máximo respeto por el medio ambiente. Basta con pensar que en cada momento la superficie de la Tierra recibe 50,000TW de energía, es decir, la cantidad de energía solar que llega a la corteza terrestre es 10,000 veces mayor que la energía utilizada en todo el mundo.

Entre los diversos sistemas que utilizan fuentes de energía renovable, los basados en tecnología fotovoltaica se consideran muy prometedores debido a sus cualidades intrínsecas: tienen costos de operación ("combustible") muy bajos y requiere un mantenimiento limitado, es confiable, silencioso y fácil de usar. Además, la energía fotovoltaica en algunas aplicaciones aisladas es ciertamente mejor en comparación con otras fuentes de energía, especialmente cuando la instalación de líneas eléctricas convencionales es difícil y costosa.

Con la nueva era tecnológica hemos conseguido un desarrollo en elementos eléctricos y electrónicos tan grande y rápido que, a la hora de suplir las demandas del mercado, la tarea se complica. Podemos observar estos problemas en las líneas de producción de procesadores, en

la obtención de ciertos materiales para componentes electrónicos o en los problemas de distribución energética en gran parte del mundo. Incluso lo podemos ver reflejado en la disparidad en el desarrollo de ciertos elementos, como por ejemplo las baterías, que se encuentran actualmente en su mayor punto de desarrollo, pero todavía no hemos podido obtener la autonomía y seguridad que el mercado demanda.

En la red eléctrica ocurre lo mismo. Nuestra sociedad requiere en cada instante electricidad para producir bienes en las fábricas, desarrollar la actividad de comercios y empresas y también para alimentar la vida de los hogares.

Como la energía eléctrica no es almacenable, se van produciendo cambios en la curva de demanda a lo largo del día. El inicio de la jornada laboral, el cierre de los comercios a mediodía, la mayor ocupación de los hogares al final del día, explican porqué la demanda no es idéntica en las distintas horas del día.

Durante las horas nocturnas se produce la demanda mínima diaria. A estas horas, únicamente la demanda industrial mantiene un consumo importante. Esto es debido a que las grandes fábricas consumen las 24 horas del día, aprovechando también las horas nocturnas, cuando la energía se puede contratar más barata. Durante estas horas algunos servicios también se mantienen en funcionamiento (alumbrado público, hospitales, equipamientos informáticos, etc).

En su conjunto, la sociedad demanda más energía en algunos momentos del día, las horas punta. Durante estas horas es más costoso producir electricidad porque es necesario que funcionen las centrales de producción más caras, que son también las que más CO2 emiten. Además, todo el sistema eléctrico tiene que dimensionarse para poder atender la demanda en este reducido número de horas. En invierno las horas punta del sistema se producen por la mañana y por la tarde/noche, mientras que en verano tienen lugar en las horas centrales del día, coincidiendo con las horas de mayor temperatura.

A las horas de menor consumo se las denomina horas valle y se corresponden con las horas nocturnas, coincidiendo con la menor actividad de todos los sectores de consumo.

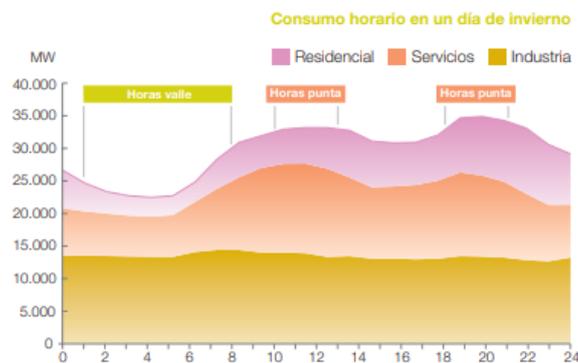


Ilustración 3: Consumo horario Fuente: REE Guía de consumo inteligente



2.8 Normativa Vigente

Ley 54/1997: Establece la regulación del sector eléctrico, liberando el transporte y la distribución, permitiendo el acceso a terceros y la libre elección del suministrador. Se establece el objetivo de que en 2010 el 12 % de la energía será de origen renovable.

- Real Decreto 2818/1998: Instaure una serie de incentivos y primas para las instalaciones que utilicen energías renovables, residuos o cogeneración.
- Real Decreto 436/2004: Se crea una metodología con régimen jurídico y económico para la producción de energía eléctrica en régimen especial. El titular de la instalación puede vender su producción o excedentes al distribuidor, o bien al mercado diario.
- Real Decreto 661/2007: Establece que aquellas instalaciones con potencias altas que no pertenezcan al régimen especial también puedan percibir una prima.
- Real Decreto 1578/2008: Genera un nuevo régimen económico para las instalaciones no incluidas en el RD 661/2007 y establece un nuevo mecanismo de retribución.
- Real Decreto-ley 1/2012: Suspense los incentivos para las instalaciones que generan electricidad a partir de fuentes renovables, residuos o cogeneración.
- Ley 24/2013: Se había creado un déficit durante los años anteriores en el sistema eléctrico español, con esta ley se define el autoconsumo y varias modalidades.
- Real Decreto 897/2015: Se crea el bono social, una ayuda para el consumidor vulnerable.
- Real Decreto-ley 900/2015: Se regula la condición de autoconsumo, de manera que se obliga a pagar por acceder a las redes de transporte y distribución.
- Real Decreto-ley 15/2018: Medidas urgentes para la transición energética y protección del consumidor. Se facilitan los procedimientos administrativos y se mejoran las condiciones de autoconsumo.
- Real Decreto 244/2019: Se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de la energía eléctrica.
- Real Decreto 23/2020: Impulsa y fomenta el uso de las energías renovables para la transición energética.

Un aspecto importante a tener en cuenta es el tipo de sistema fotovoltaica de autoconsumo que se va a instalar. Según IDAE [BIBLIO] existen dos grupos de este tipo de instalaciones, basándose en el Real Decreto 244/2019.

Las modalidades a las que deberán pertenecer son las siguientes:

- **Instalación de autoconsumo SIN EXCEDENTES:** estas instalaciones, aunque están conectadas a la red de distribución o transporte, el consumidor no vierte en ningún momento el excedente de energía a la red debiendo tener previsto un sistema de anti-vertido siguiendo con la ITC-BT-40.
- **Instalación de autoconsumo CON EXCEDENTES:** al contrario de las anteriores, este tipo de instalación conectado a red si tiene la capacidad de verter a la red el excedente de energía generado. Pero dentro de este grupo podemos diferenciar dos tipos:
 - **Instalaciones con excedentes acogidas a compensación:** este tipo de instalaciones tienen la posibilidad de acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes. El funcionamiento de este mecanismo se realiza a través de la energía generada por la instalación de autoconsumo que no es capaz de consumir o almacenar en las baterías. La energía excedente se inyecta



a la red, y cuando los consumidores requieran de más energía de la que les proporciona la instalación, comprarán energía a la red a un precio acordado en su contrato de suministro. Al final de la facturación se compensará a los consumidores de la red entre el coste de la energía comprada a la red y el coste de la energía inyectada a la red. Para ello se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Fuente energética de origen renovable.
 - Potencia instalada menor a 100 kW.
 - Se deberá suscribir un contrato único del consumidor para el consumo asociado y los consumos auxiliares con la empresa comercializadora.
 - El contrato entre el productor y el consumidor ha de ser suscrito según el artículo 14 del Real Decreto 244/2019.
 - La instalación productora no ha de estar sujeta a ningún régimen retributivo adicional o específico.
- **Instalación con excedentes no acogidos a compensación:** este es el caso de las instalaciones que no deseen acogerse al mecanismo de compensación de excedentes, o que no cumpla alguna de las condiciones mencionadas anteriormente. Esta energía será inyectada a la red y se venderá en el mercado eléctrico, recibiendo el mismo tratamiento que el resto de las energías renovables.

Aparte, el Real Decreto 244/2019 establece una nueva subdivisión de los sistemas de autoconsumo según:

- **Autoconsumo Individual:** solo existe un único consumidor asociado a la instalación productora.
- **Autoconsumo Colectivo:** donde una o varias instalaciones generadoras de energía eléctrica es compartida por diferentes consumidores asociadas a ella. Esta conexión se realiza a través de la red interior mediante línea directa o a través de red.

3 Objetivo del Proyecto

El objetivo de este proyecto describe la configuración y el diseño de una instalación solar fotovoltaica conectado a red. Este sistema se instalará en una vivienda unifamiliar situado en Sant Vicent del Raspeig (Alicante) con el objetivo de obtener 2,04 kW de potencia con vertido a la red de excedentes.

La instalación fotovoltaica irá situada en el tejado de la edificación, con una superficie de 225². Debido a la disposición del tejado en forma rectangular con tejado a cuatro aguas con una inclinación de 36°. Aunque la orientación de la vivienda sea hacia el Este, la arquitectura del edificio nos permite situar los paneles orientados hacia el Sur, la mejor orientación para este tipo de sistemas según nuestra latitud.

4 Memoria descriptiva

4.1 Antecedentes y propósito del proyecto

Esta instalación busca suministrar a la vivienda toda la energía consumida y el vertido de energía sobrante a la red. La intención es la reducción de costes de las altas tarifas de red y la huida de la subida de costes de la electricidad. Los propietarios de la instalación hacen poco gasto energético, pero eso no frena el gasto continuo en las facturas eléctricas, siendo la instalación fotovoltaica la opción más viable y económica a largo plazo. Con esto no solo ahorrarán con el consumo eléctrico generado si no que con la venta del exceso de energía serán capaces de rentabilizar la instalación antes e incluso obtener unos ingresos extra.

4.2 Emplazamiento

El emplazamiento de la instalación será en el tejado de una vivienda unifamiliar ubicado en Sant Vicent del Raspeig (Alicante). Podemos encontrar el emplazamiento en las siguientes coordenadas:

- DMS
 - Latitud: 38° 24' 51"
 - Longitud: 0° 31' 16"

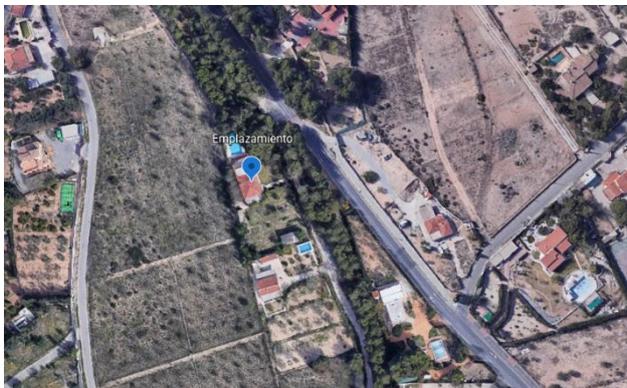


Ilustración 4: Ubicación de la vivienda

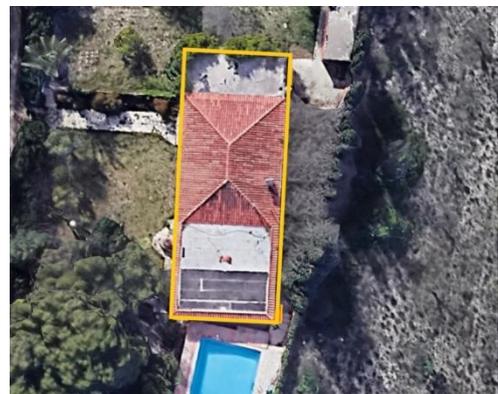


Ilustración 5: Superficie disponible en la vivienda

4.3 Descripción de la Instalación

4.3.1 Estudio de consumo eléctrico

En este apartado se busca prever el consumo de potencias de los aparatos eléctricos y la iluminación que utilizaremos en nuestra vivienda.

Para ello se ha creado una tabla con todos los aparatos e iluminación con su respectiva potencia y una estimación de tiempo de uso de cada uno de los elementos. Como el consumo es irregular se pretende tener una aproximación del consumo lo más cercano a la real posible.

Habitaciones	Carga	Uds	Tº uso h/día	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Wh/día
Cocina	Nevera/congelador	1	8	100	100	800
	Microondas	1	0,17	900	900	153
	Horno	1	0,14	231	231	32,34
	Campana Extractora	1	1	200	200	200
	Lavavajillas	1	0,5	246	246	123
	Tostadora	1	0,08	800	800	64
	Cafetera	1	0,08	720	720	57,6
	LED	7	7	4	28	196
	Ventilador	1	1	50	50	50
	Pasillo	LED	5	1	4	20
Habitación 1	Incandescente	1	0,14	40	40	5,6
Habitación 2	Incandescente	1	0,07	40	40	2,8
Habitación 3	LED	1	0,07	7	7	0,49
Habitación 4	Incandescente	1	2	40	40	80
Habitación 5	TV	1	3	263	263	789
	Router	1	24	20	20	480
	Receptor TV	1	24	30	30	720
	Aire Acondicionado	1	1	3500	3500	3500
	LED	1	1	7	7	7
Salón	TV	1	2	263	263	526
	Consola	1	1	90	90	90
	Incandescente	7	7	40	280	1960
	LED	9	9	5	45	405
Baño 1	LED	3	1	4	12	12
Baño 2	Secador	1	0,5	2000	2000	1000
	Calentador de aceite	1	0,5	2000	2000	1000
	LED	4	2	7	28	56
Jardín	Halójenos fluorescentes	8	1	58	464	464
	Incandescentes	13	1,333	40	520	693,16
	Focos	2	0,14	100	200	28
	Nevera	1	8	80	80	640
	Lavadora	1	1	255	255	255
						14409,99

Tabla 2: Estudio de consumo eléctrico de la vivienda



El consumo estimado de la vivienda ronda los 14,41 kW/día en el día más desfavorable que se puede tener. Este valor nos indica cual es el mínimo de potencia que ha de generarse para que no haya ningún problema de consumo.

Podemos observar que debido a la iluminación hay un mayor gasto energético. Debido a esto, para tener un menor consumo se cambiarán todas las iluminarias por LEDs, los cuales destacan por su bajo consumo. Con esto, la vivienda tendrá un mayor ahorro de consumo y además el dimensionado de la instalación será menor.

Habitaciones	Carga	Uds	Tº uso h/día	Potencia (W)	Potencia (W)	Total	Wh/día
Cocina	Nevera/congelador	1	8	100	100	100	800
	Microondas	1	0,17	900	900	900	153
	Horno	1	0,14	231	231	231	32,34
	Campana Extractora	1	1	200	200	200	200
	Lavavajillas	1	0,5	246	246	246	123
	Tostadora	1	0,08	800	800	800	64
	Cafetera	1	0,08	720	720	720	57,6
	LED	7	7	4	28	28	196
	Ventilador	1	1	50	50	50	50
Pasillo	LED	5	1	4	20	20	20
Habitación 1	LED	1	0,14	7	7	7	0,98
Habitación 2	LED	1	0,07	7	7	7	0,49
Habitación 3	LED	1	0,07	7	7	7	0,49
Habitación 4	LED	1	2	7	7	7	14
Habitación 5	TV	1	3	263	263	263	789
	Router	1	24	20	20	20	480
	Receptor TV	1	24	30	30	30	720
	Aire Acondicionado	1	1	3500	3500	3500	3500
	LED	1	1	7	7	7	7
Salón	TV	1	2	263	263	263	526
	Consola	1	1	90	90	90	90
	LED	7	7	5	35	35	245
	LED	9	9	5	45	45	405
Baño 1	LED	3	1	4	12	12	12
Baño 2	Secador	1	0,5	2000	2000	2000	1000
	Calentador de aceite	1	0,5	2000	2000	2000	1000
	LED	4	2	7	28	28	56
Jardín	LED	8	1	7	56	56	56
	LED	13	1,333	7	91	91	121,303
	Focos	2	0,14	100	200	200	28
	Nevera	1	8	80	80	80	640
	Lavadora	1	1	255	255	255	255
							11642,2

Tabla 3: Estudio del consumo eléctrico de la vivienda corregido



Con el cambio en la iluminación de la vivienda se ha reducido el consumo en un 15,3%.

Usaremos la aproximación del consumo total de 11,64 kW/día para realizar los cálculos necesarios para nuestra instalación fotovoltaica.

Debido a que no tenemos la factura de la luz del cliente no podemos conocer con exactitud el consumo mensual de la vivienda. Es por ese motivo que la estimación de cargas se ha hecho para los meses de invierno debido a que son en los que más energía consumen.

Además, sabemos que todos estos elementos no se utilizan a la vez, por lo que deberemos tener en cuenta el **factor de simultaneidad**, que nos indica en que porcentaje se usan todos los elementos simultáneamente. Para nuestro caso, tomaremos un factor de simultaneidad de 0,70.

Teniendo en cuenta el factor de simultaneidad, podemos estimar que el consumo medio de la vivienda será de 8,15 kW/día.

4.3.2 Orientación de los paneles fotovoltaicos

Para obtener la mayor captación solar posible, los paneles han de estar orientados e inclinados en una posición concreta en función de la estación en la que quieras obtener más energía y de la latitud en la que se encuentra la instalación.

La mejor opción es orientarlo hacia el ecuador, que es donde mayor incidencia solar se recibe, pero también deberemos calcular el ángulo óptimo que se instalarán los paneles.

Gran parte de la cubierta del edificio es plana, con lo que facilita la instalación de los módulos en la posición deseada, pero si con estos módulos no fuesen suficientes para abastecer la instalación, se instalarán el resto de los módulos en el tejado a cuatro aguas en los lados que mejor orientación tengan respecto al Sur.

Para calcular la irradiación solar de la vivienda y el ángulo óptimo, se ha utilizado el software PVGIS que nos permitirá obtener estos datos.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	38.415,-0.521	Ángulo de inclinación:	36 (opt) °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	0 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH2	Producción anual FV:	1683.65 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	2159.05 kWh/m ²
FV instalado:	1 kWp	Variación interanual:	39.05 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.48 %
		Efectos espectrales:	0.56 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-7.54 %
		Pérdidas totales:	-22.02 %



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	$H(i)_m$	SD_m
Enero	122.0	147.6	12.5
Febrero	121.4	149.0	12.0
Marzo	145.4	182.2	11.4
Abril	148.4	189.5	9.1
Mayo	158.8	207.1	12.1
Junio	157.6	209.5	4.2
Julio	162.7	218.7	4.3
Agosto	161.3	215.6	4.8
Septiembre	143.3	188.1	8.3
Octubre	135.2	173.1	10.4
Noviembre	113.1	140.0	10.9
Diciembre	114.5	138.7	8.3

Tabla 4: Irradiación solar estimada por PVGIS

Siendo:

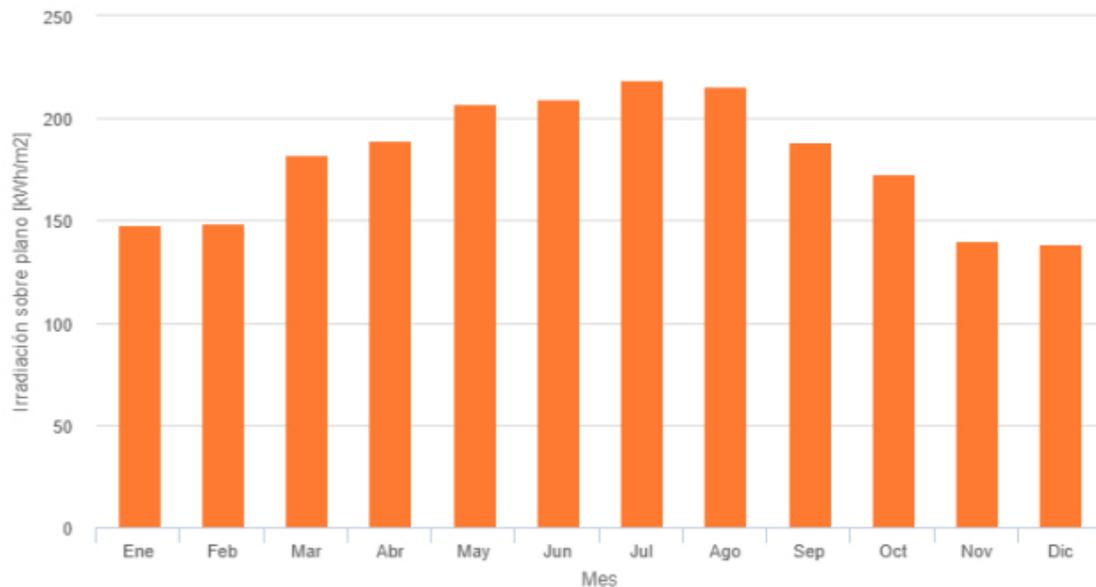
E_m : Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

$H(i)_m$: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m : Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

En la primera columna de esta tabla, se indica la producción eléctrica media mensual del sistema para una potencia nominal instalada de 1 kW y una inclinación óptima de 36 grados.

Irradiación mensual sobre plano fijo:



Gráfica 1: Irradiación mensual sobre plano fijo

4.4 Selección de Componentes

Una vez conocido el consumo de la vivienda y la posición y orientación de los paneles, procederemos a la elección de los componentes de manera que se adecue a los requisitos de la instalación.

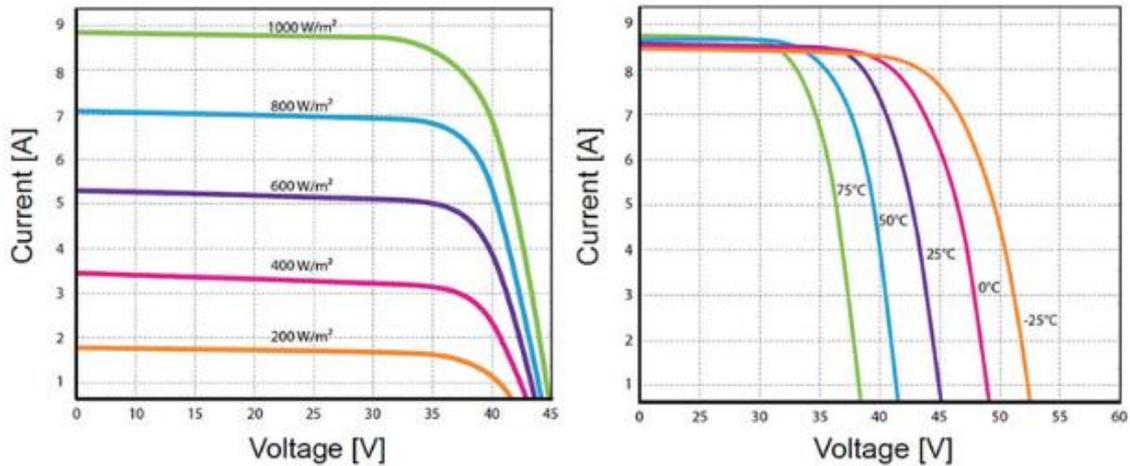
4.4.1 Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares seleccionados serán de tipo policristalino gracias a su bajo coste. Aunque su rendimiento es menor a los monocristalinos, la reducción de coste es bastante significativa, haciendo esta opción la más conveniente.

Para la selección de los paneles fotovoltaicos deberemos tener en cuenta las siguientes características:

- Potencia nominal (P_{MPP})
- Tensión nominal (V_{MPP})
- Corriente nominal (I_{MPP})
- Tensión en circuito abierto (V_{OC})
- Corriente en cortocircuito (I_{SC})
- Eficiencia del módulo (η)
- Temperatura de funcionamiento
- Dimensiones

El módulo seleccionado en función de las características mencionadas es el panel solar policristalino de la marca ERA. Este módulo tiene una muy buena relación calidad precio, ofreciendo muy buen rendimiento energético y una gran durabilidad.



Gráfica 2: Gráfica V-A de los módulos fotovoltaicos

Las características de los paneles son las siguientes:

- Potencia nominal (P_{MPP}): 340 W
- Tensión nominal (V_{MPP}): 38.5 V
- Corriente nominal (I_{MPP}): 8.84 A
- Tensión en circuito abierto (V_{OC}): 46.4 V
- Corriente en cortocircuito (I_{SC}): 9.45 A
- Eficiencia del módulo (η): 17.5%
- Temperatura de funcionamiento: - 40 °C / +80 °C
- Dimensiones: 1956 × 992 × 40 mm



Una vez seleccionado el módulo solar para la instalación, calcularemos el número de módulos necesarios para alimentar la vivienda. Para ello se tomará el mes más desfavorable en términos de irradiación solar. Como se puede observar en la tabla 4, el mes más desfavorable en el año 2020 (último año registrado en la plataforma PVGIS) es el mes de Noviembre con una producción media mensual de 113.1 kWh y una producción media diaria de 3.77 kWh.

Para calcular el número de módulos usaremos la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{HSP \cdot \text{Rendimiento de trabajo} \cdot \text{Potencia pico del módulo}}$$

Siendo:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{8157.68}{3.77 \cdot 0.825 \cdot 340} = 7.49 \text{ módulos} \rightarrow 8 \text{ módulos}$$

Con un sistema con 8 módulos de 340 W obtendríamos una potencia nominal de 2 720 W. De nuevo se calculará la producción de la instalación teniendo en cuenta la potencia nominal.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:	
Latitud/Longitud:	38.415,-0.521
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH2
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalado:	2.72 kWp
Pérdidas sistema:	14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación:	36 (opt) °
Ángulo de azimut:	0 °
Producción anual FV:	4386.61 kWh
Irradiación anual:	2159.07 kWh/m ²
Variación interanual:	100.43 kWh
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia:	-2.48 %
Efectos espectrales:	0.57 %
Temperatura y baja irradiancia:	-11.44 %
Pérdidas totales:	-25.3 %

Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(l)_m	SD_m
Enero	318.1	147.4	32.1
Febrero	316.4	148.8	30.6
Marzo	378.6	182.2	29.1
Abril	386.5	189.6	23.1
Mayo	413.9	207.2	31.0
Junio	410.9	209.8	10.7
Julio	424.1	218.9	11.0
Agosto	419.6	215.7	12.2
Septiembre	372.6	188.1	21.3
Octubre	351.8	173.0	26.6
Noviembre	295.1	139.8	28.0
Diciembre	299.0	138.5	21.5

Tabla 5: Irradiación solar estimada por PVGIS 2

Con estos nuevos datos, podemos estimar una generación de 4386.6 kWh en un año. Si el consumo diario estimado es de 8.15 kWh/día, a lo largo de un año tendríamos un consumo aproximado de:

$$8.157 \cdot 365 = 2977.3 \text{ kWh}$$

Teniendo en cuenta que la producción generada con 8 módulos es de 4386.6 kWh, y la energía consumida por la vivienda en el peor de los casos es de 2977.3 kWh, podemos observar que el dimensionado de la instalación sobrepasa los requisitos de manera innecesaria.



Por este motivo redimensionaremos la instalación de manera que sea proporcional a la energía consumida.

Con una potencia instalada de 2 720 W, se obtiene una potencia media anual de 12.185 kWh. Por lo que para conocer la generación de energía necesaria para alimentar la vivienda se realiza una regla de tres con el consumo estimado.

$$\frac{2.7 \cdot 8.157}{12.185} = 1.807 \text{ kW}$$

Siendo el número de módulos el siguiente:

$$\frac{1\ 807.45}{340} = 5.31 \rightarrow 6 \text{ módulos}$$

Teniendo instalado 6 módulos fotovoltaicos de 340 W obtenemos una potencia nominal de 2 040 W, obteniendo un promedio anual de producción diaria de 9.14 kWh, cubriendo así el consumo diario de la vivienda, 8.15 kWh.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:	Resultados de la simulación
Latitud/Longitud: 38.415,-0.521	Ángulo de inclinación: 36 (opt) °
Horizonte: Calculado	Ángulo de azimut: 0 °
Base de datos: PVGIS-SARAH2	Producción anual FV: 3289.96 kWh
Tecnología FV: Silicio cristalino	Irradiación anual: 2159.07 kWh/m²
FV instalado: 2.04 kWp	Variación interanual: 75.33 kWh
Pérdidas sistema: 14 %	Cambios en la producción debido a:
	Ángulo de incidencia: -2.48 %
	Efectos espectrales: 0.57 %
	Temperatura y baja irradiancia: -11.44 %
	Pérdidas totales: -25.3 %

Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(l)_m	SD_m
Enero	238.6	147.4	24.1
Febrero	237.3	148.8	22.9
Marzo	283.9	182.2	21.9
Abril	289.9	189.6	17.4
Mayo	310.5	207.2	23.2
Junio	308.2	209.8	8.1
Julio	318.1	218.9	8.3
Agosto	314.7	215.7	9.2
Septiembre	279.5	188.1	16.0
Octubre	263.8	173.0	19.9
Noviembre	221.3	139.8	21.0
Diciembre	224.2	138.5	16.1

Tabla 6: Irradiación solar estimada por PVGIS 3

4.4.2 Estructura

La estructura es el elemento de fijación de los paneles con la superficie donde se ubicarán. A pesar de no tener peso a nivel eléctrico, su importancia es considerable, puesto que deberán ser capaces de durar durante muchos años y soportar las condiciones climatológicas.

Debido a la ubicación de los paneles en la cubierta plana de la vivienda, se utilizará estructuras para superficies planas con inclinación ajustable de entre 30° a 50°. La estructura estará fabricada en aluminio con tornillería y otros accesorios en acero inoxidable.

Cada estructura tiene unas dimensiones de 2200 × 1150 mm con un grosor de entre 30 a 45 mm, teniendo una capacidad para albergar hasta 3 módulos fotovoltaicos.



4.4.3 Inversor

El inversor es uno de los elementos más importantes de la instalación y en consecuencia deberemos de seleccionar el que mejor se adapte a nuestro sistema.

Con los datos obtenidos en el apartado anterior, ya disponemos de la información suficiente para realizar esta elección, teniendo en cuenta su relación calidad/precio.

Nuestra instalación consta con una potencia nominal máxima de 2 040 W, por lo que este deberá ser la potencia mínima que soporte el inversor.

Teniendo en cuenta los requisitos de la instalación, se ha optado por un inversor híbrido del fabricante Voltronic, modelo Axpert VMIII. Este modelo integra un inversor cargador junto con un regulador preparado para trabajar a alto voltaje de paneles. Ofrece 3 kW de potencia de salida, soporta hasta 4 kW para conectarle paneles y trabajar con baterías de cualquier tipo a 24 V.

Este inversor tiene una eficiencia entre el 90-93%, siendo más que suficiente para nuestra instalación y contando con su gran relación entre calidad/precio.

También consta con un regulador MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia), que es un algoritmo matemático para realizar un seguimiento de la potencia de la instalación, para así conocer cuál es el punto más alto en el que se alcanza la máxima potencia. Esto unido al inversor, consigue alcanzar un balance entre el voltaje y la corriente en aquellas placas que trabajen en su máxima potencia.

Además, este inversor consta con múltiples ventajas enfocadas a la experiencia de usuario, como es su aplicación móvil integrada que nos permite conocer la producción y el consumo energético y realizar mediciones de alta precisión o su pantalla LCD amigable para el usuario que permite configurar el inversor en tiempo real.

Al ser un inversor híbrido tiene la capacidad de estar conectado a la red y al mismo tiempo alimentar las baterías, simplificando el sistema en general.

Aunque la intención de la instalación no busca tener almacenamiento con baterías (por requisitos de los clientes), se ha seleccionado este inversor por sus prestaciones, además de permitir la instalación de baterías en un futuro en caso de cambiar de opinión, evitando realizar una nueva inversión en otro inversor con esta función.

4.4.4 Cableado

El diseño eléctrico debe garantizar principalmente un transporte y/o uso de la energía eléctrica de manera segura, garantizando la seguridad de las personas, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Para cumplir con lo anterior, se han establecido criterios y requerimientos de diseño de obligatorio cumplimiento, los cuales están plasmados en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.



En los sistemas fotovoltaicos, el cableado está compuesto por dos tramos principales. El primero es el tramo de corriente continua, que conecta los paneles solares entre sí y posteriormente con el inversor, y el segundo es el tramo de corriente alterna, que va desde la salida del inversor hasta la caja de derivación, donde se dispone la conexión con la red eléctrica.

Todos los conductores han de cumplir la normativa estipulada en el RBT (Reglamento de Baja Tensión) e ITC-RBT (Instrucciones Técnicas Complementarias de Reglamento de Baja Tensión). Por ello la elección de los conductores se realizará mediante dos criterios, el criterio térmico y el de caída de tensión.

Para esta instalación se han escogido conductores de cobre, debido a sus mejores prestaciones tanto eléctricas como mecánicas frente al resto de alternativas.

4.4.4.1 Corriente Continua

Teniendo claro el material que se va a utilizar, deberemos calcular cual es la sección necesaria para el conductor de manera que cumpla la normativa evitando caídas de tensión y sobre calentamientos.

Podemos calcular la sección a través de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC}}{C \cdot \Delta U \cdot V_{MP}}$$

Siendo:

- L : Longitud del conductor.
- C : Conductividad del conductor.
- I_{CC} : Corriente de conductor.
- V_{MP} : Tensión máxima de los paneles fotovoltaicos.
- ΔU : Caída de tensión de los conductores.

La conductividad del conductor la podemos encontrar disponible en una tabla en función del material del conductor y de su temperatura de trabajo.

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 7: Conductividad eléctrica

Para nuestro caso, como sabemos que el conductor será de cobre con aislamiento de PVC, nos falta elegir su temperatura de funcionamiento. Teniendo en cuenta la ubicación de la instalación y sabiendo las altas temperaturas que se producen en verano, se ha escogido la conductividad de $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{m}^2$.

La longitud del conductor se tomará desde el panel más alejado del inversor, hasta el inversor, siendo esta distancia aproximadamente 20 metros.

Para conocer la corriente que circula por el conductor, deberemos tener en cuenta la corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos, que disponemos gracias a la ficha técnica del fabricante. Esta corriente de cortocircuito es la máxima corriente que puede generar el panel en condiciones normales, pero debido a los picos de potencia, se debe multiplicar por un factor de seguridad que de margen a esos picos. Para nuestro caso el factor de seguridad será del 25%, por lo que la corriente del conductor será el siguiente:

$$I_{CC} = 1.25 \cdot I_{SC} = 1.25 \cdot 9.45 = 11.81 \text{ A}$$

El fabricante también nos proporciona la tensión nominal de los paneles, que multiplicándolo por el número de paneles, se puede obtener la tensión máxima de los paneles.

La caída de tensión aceptada viene dada por la siguiente tabla normalizada:

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles - Regulador	3%	1%
Regulador - Baterías	1%	0,5%

Tabla 8: Límites de caída de tensión

Pero como indica IDEA, lo idóneo es que no supere el 1.5% de caída de tensión, por lo que utilizaremos este valor.

Por lo que conociendo estos datos podemos calcular la sección del conductor:

$$S = \frac{2 \cdot 20 \cdot 11.81}{44 \cdot 0.015 \cdot (6 \cdot 38.5)} = 3.098 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ mm}^2$$

Conociendo la sección del cable, se ha procedido a su elección. El conductor seleccionado es un cable unipolar tipo H07V-K diseñado especialmente para instalaciones fijas en viviendas, locales y oficinas.

Este cable es libre de halógenos, no propagador de las llamas ni de incendios y de baja emisión de humos tóxicos.

Además, se fabrica conforme a las normas descritas en UNE 21031-3, HD 21.3S3 (Estándar Europeo) e IEC 60227-3 y dispone de la certificación TÜV y EN

4.4.4.2 Corriente alterna

Los conductores de corriente alterna son los que corresponden al tramo desde el inversor hasta la caja de derivación del cuadro de medida.



Para conocer la sección de estos conductores deberemos de calcular la corriente que circula por este. Podemos conocer este dato a través de la siguiente fórmula:

$$I_B = \frac{P}{U \cdot \cos(\varphi)}$$

Siendo:

- I_B : Intensidad de servicio
- P : Potencia máxima suministrada por el inversor
- U : Tensión monofásica de la línea
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

Estos datos los podemos obtener de la ficha técnica del inversor, obteniendo el siguiente resultado para la intensidad de servicio:

$$I_B = \frac{3000}{230 \cdot 0.8} = 16.31 A$$

Siguiendo con las indicaciones descritas en la ITC-BT 19, deberemos comprobar que sección del conductor se debe seleccionar de manera que cumpla con todas las medidas de seguridad previstas para soportar la intensidad máxima admisible. Esto se calcula en función del tipo de conductor seleccionado y el número de conductores, el tipo de aislamiento seleccionado y el método de instalación. Para ello debemos comprobar que se cumplan las siguientes condiciones:

- Intensidad máxima admisible mayor que la intensidad de servicio.

$$I_Z > I_B$$

- Caída de tensión menor a la caída de tensión máxima admisible.

Para conocer la intensidad máxima admisible, podemos encontrarla en la siguiente tabla:

Tabla B - Tipos de instalación de cables no enterrados

A1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes - Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes. - Conductores unipolares aislados en molduras. - Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas. - Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.
B1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra - Conductores aislados o cable unipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Conductores unipolares aislados en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en conductos cerrados de sección no circular en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores aislados en conductos cerrados de sección no circular empotrados en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2K·m/W ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora empotrada en el suelo - Conductores aislados o cables unipolares en conductos perfilados empotrados - Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora suspendida - Conductores aislados o cables unipolares en tubos en canalizaciones no ventiladas ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos en canales de obra ventilados - Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados - Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado)

Tabla 9: Tipos de instalación de cables no enterrados

Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A1												
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	600	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Esta tabla presenta de manera simplificada, varias tablas de la norma, de forma que en determinados casos se han agrupado en la misma columna diferentes tipos de cable y diferentes tipos de instalación cuyos valores de intensidad admisibles son prácticamente iguales. Por lo tanto, la columna de la izquierda que corresponde al "tipo de instalación" (de A hasta F) abarca los sistemas indicados en la tabla B.

Tabla 10: Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados

Para nuestro caso tenemos tres conductores con aislamiento de PVC montado sobre tubo superficial o empotrado en obra.

Podemos observar en la **tabla 10**, que con una sección de 2.5 mm² obtenemos una tensión máxima admisible de 21 A cumpliéndose nuestra primera condición:



$$I_Z > I_B = 21 A > 16.31 A$$

Después de cumplir con la primera condición, deberemos comprobar que la caída de tensión con sección de 2.5 mm^2 es inferior a 1.5%.

Podemos conocer la caída de tensión de nuestro conductor con la siguiente ecuación:

$$\Delta U\% = \frac{200 \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U^2} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 25}{44 \cdot 2.5 \cdot 230^2} = 2.58\% > 1.5\%$$

Como podemos comprobar la condición de la caída de tensión no se cumple, por lo que deberemos de aumentar la sección del conductor hasta que esta condición se cumpla. Para ello seleccionaremos la siguiente sección disponible en la **tabla 10**. Esta nueva sección corresponde a 6 mm^2 , con una intensidad máxima admisible de $36 A$. Volviendo a calcular la formula anterior obtendremos:

$$\Delta U\% = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 25}{44 \cdot 6 \cdot 230^2} = 1.07\% < 1.5\%$$

Con esta nueva sección podemos comprobar que se cumple la condición de la caída de tensión, por lo que la sección de 6 mm^2 cumplirá con todas las condiciones estipuladas.

5 Puesta a tierra

La puesta a tierra busca limitar o eliminar la tensión que puede haber en las masas metálicas por el efecto del aislante asegurando la seguridad y el correcto funcionamiento de las protecciones. La puesta a tierra en sí es una conexión entre diferentes elementos metálicos de la instalación y un electrodo conectado al suelo. Esta conexión permite derivar la tensión residual producida por las diferencias de potencial en la instalación.

Esta puesta a tierra está definida y deberá regirse por el Real Decreto 1663/2000, artículo 12, en referencia a las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión esta tierra deberá ir separada e independiente del neutro proporcionado por la empresa distribuidora. Además, este sistema deberá ponerse en un único punto, evitando así la posibilidad de que circule corriente por los conductores de protección, aumentando la fiabilidad del funcionamiento de los reguladores de carga y de los inversores.



6 Protecciones

Como cualquier instalación eléctrica, los sistemas fotovoltaicos deben de tener todos los automatismos y medidas necesarias que permitan evitar cualquier incidente que pueda provocar daños tanto técnicos como contra la salud de las personas. Estas medidas son de obligado cumplimiento y están definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la normativa referente a las energías renovables y de autoconsumo, descritas en los Reales Decretos:

- Real Decreto 244/2019
- Real Decreto 15/2018
- Real Decreto 900/2015
- Real Decreto 413/2014
- Real Decreto 1699/2011

Para cumplir con estas protecciones necesitaremos elementos tales como fusibles, magnetotérmicos, diferenciales y seccionadores en caso de ser necesarios, con lo que con su selección serán necesarios cálculos que nos permitan conocer cuál es el dimensionado requerido para cumplir con esta normativa.

Para estos cálculos se tomará como referencia la ITC-BT-22 de Reglamento de Baja Tensión, que estipula cuales son las condiciones que debe cumplir un elemento de protección para su correcto funcionamiento.

6.1 Protección en Corriente Continua

Los dispositivos de protección tendrán una intensidad nominal mayor a la intensidad de cortocircuito en condiciones normales de funcionamiento. Esta intensidad nominal será multiplicada por 1,25 de manera que se asegure el correcto funcionamiento para casos en los que se supere las condiciones estándar de medida.

6.1.1 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

En este tramo la protección contra sobretensiones será de 500 V, siendo esta la máxima tensión que admite el inversor.

El inversor seleccionado consta de un interruptor automático incorporando tanto en la parte de continua como de alterna, eliminando así la necesidad del uso de un fusible o de un interruptor diferencial por separado.

Este interruptor además permite desconectar la parte de continua de la de alterna permitiendo realizar tareas de mantenimiento.

6.2 Protección en Corriente Alterna

Esta parte de la instalación es la que está más expuesta debido a que es la que va conectada a la instalación de la vivienda y por tanto más relacionada con las personas y los dispositivos que estos utilizan. Por este motivo, siguiendo con la normativa vigente, se deberá proteger para aportar seguridad tanto a las personas como a los elementos conectados a la instalación.



Según la norma ITC-BT-22 se establece que para que se cumplan las medidas de protección de manera correcta, el dispositivo de protección debe verificar las siguientes condiciones:

- Protección contra sobrecargas:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

- Protección contra sobreintensidades:

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

Siendo:

- I_B : Intensidad del conductor
- I_n : Intensidad nominal de la protección
- I_Z : Intensidad máxima admisible del conductor
- I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección

6.2.1 Protección contra sobrecargas

La corriente máxima que produce el inversor es el que define cual deberá de ser la corriente nominal que deba circular por nuestro conductor, de manera que la corriente máxima del inversor nunca supere la admisible por el conductor.

Es por ello, que se deberá escoger un Interruptor Magnetotérmico que cumpla la condición de protección contra sobrecargas:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$21 A \leq I_n \leq 60 A$$

Para ello se escogerá un interruptor magnetotérmico con una intensidad de funcionamiento de $I_n = 32 A$ con una curva de disparo de tipo C y un retardo de 50 ms.

6.2.2 Protección contra cortocircuitos

Para esta protección se usará un interruptor diferencial, que es el encargado de evitar posibles derivaciones y contactos directos en la instalación de corriente alterna. El interruptor diferencial deberá tener una sensibilidad de 30 mA y un retardo de 50 ms y será de clase AC de 25 A bipolar, siendo este el correspondiente para nuestra instalación.



7 Presupuesto

A continuación, se expone el presupuesto desglosado en los elementos individuales para la instalación, así como el conjunto de todos los elementos.

Unidades	Descripción	Precio/unidad	Total
6	Panel Solar ERA Solar Policristalino 340Wp	184,30	1105,80
1	Inversor Híbrido Voltronic Axpert VMIII	513,19	513,19
2	Estructura para superficies planas	140,50	281,00
1	Cuadro de protecciones DC para 2 Strings con bases y fusibles CC de 16A.	46,63	46,63
Cuadro de protecciones AC:			
1	Interruptor magnetotérmico 2P 32A	14,88	14,88
1	Interruptor diferencial 2P 40A 30mA	17,68	17,68
1	Cuadro Pragma IP30	19,20	19,20
20	Metros de cable H07V-K 1X4mm2 Unipolar 1000V	0,47	9,40
25	Metros de cable H07V-K 1X6mm2 Unipolar 1000V	0,67	16,75
1	Medios auxiliares de transporte	148,30	148,30
3	Mano de obra, instalación, configuración y puesta en marcha, realizada por 2 oficiales durante 3 días	458,00	1374,00
		SUBTOTAL	3546,83
		IVA 21%	744,8343
		TOTAL	4291,66

Tabla 11: Presupuesto



8 Estudio Económico

Una vez obtenido el presupuesto, se realizará un estudio económico donde podremos obtener tanto la viabilidad del proyecto, como el retorno de inversión de este. Así podremos conocer la rentabilidad de la instalación y el tiempo de amortización aproximado.

Para ello utilizaremos dos métodos de aproximación, conocidos como el método de Valor Actual Neto y el método de la Tasa Interna de Rentabilidad.

8.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es un indicador financiero que se utiliza para calcular la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos futuros de los ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

Para realizar este método se necesitará un tipo de interés determinado, estimado en un 3% anual, junto con una estimación de tiempo de funcionamiento de la instalación, con una garantía de 20 años ofrecida por los fabricantes.

El Valor Actual Neto se define en la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

- F_t : Flujo de dinero en cada periodo t
- I_0 : Inversión inicial
- n : Número de periodos
- k : Tipo de interés de la instalación



Con esta fórmula y los datos disponibles, ya podemos realizar el cálculo del VAN. Este cálculo se ha realizado en una hoja de cálculo y se puede observar en la tabla siguiente:

Año	Producción anual (kWh)	Consumo anual (kWh)	Precio Venta kWh (€)	Precio Compra kWh (€)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado (€)	VAN (€)
						Inversión Inicial	-4291,66	
1	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	-3328,73
2	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	-2365,79
3	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	-1402,86
4	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	-439,93
5	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	523,00
6	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	1485,94
7	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	2448,87
8	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	3411,80
9	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	4374,73
10	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	5337,67
11	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	6300,60
12	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	7263,53
13	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	8226,46
14	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	9189,40
15	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	10152,33
16	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	11115,26
17	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	12078,19
18	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	13041,13
19	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	14004,06
20	3290,00	2974,75	0,07	0,35	1062,93	100,00	962,93	14966,99

Tabla 12: Valor Actual Neto (VAN)

Como se puede observar en la tabla, el VAN comienza a ser positivo a partir del año 5. Pero esta estimación asume el precio actual de la energía como constante durante los próximos 20 años.

Es por eso que, para tener una aproximación más cercana a la realidad, se estimó un aumento del precio de la electricidad de un 7% anual como podemos observar a continuación:



Año	Producción anual (kWh)	Consumo anual (kWh)	Precio Venta kWh (€)	Precio Compra kWh (€)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado (€)	VAN (€)
Inversión Inicial							-4291,66	
1	3290	2974,75	0,06998	0,35	1062,93	100,00	962,93	-3328,73
2	3290	2974,75	0,0748786	0,37	1137,33	100,00	1037,33	-2291,40
3	3290	2974,75	0,0797772	0,40	1211,74	100,00	1111,74	-1179,67
4	3290	2974,75	0,0846758	0,42	1286,14	100,00	1186,14	6,47
5	3290	2974,75	0,0895744	0,45	1360,55	100,00	1260,55	1267,02
6	3290	2974,75	0,094473	0,47	1434,95	100,00	1334,95	2601,97
7	3290	2974,75	0,0993716	0,50	1509,36	100,00	1409,36	4011,33
8	3290	2974,75	0,1042702	0,52	1583,76	100,00	1483,76	5495,09
9	3290	2974,75	0,1091688	0,55	1658,16	100,00	1558,16	7053,25
10	3290	2974,75	0,1140674	0,57	1732,57	100,00	1632,57	8685,82
11	3290	2974,75	0,118966	0,59	1806,97	100,00	1706,97	10392,79
12	3290	2974,75	0,1238646	0,62	1881,38	100,00	1781,38	12174,17
13	3290	2974,75	0,1287632	0,64	1955,78	100,00	1855,78	14029,96
14	3290	2974,75	0,1336618	0,67	2030,19	100,00	1930,19	15960,15
15	3290	2974,75	0,1385604	0,69	2104,59	100,00	2004,59	17964,74
16	3290	2974,75	0,143459	0,72	2179,00	100,00	2079,00	20043,74
17	3290	2974,75	0,1483576	0,74	2253,40	100,00	2153,40	22197,14
18	3290	2974,75	0,1532562	0,77	2327,81	100,00	2227,81	24424,95
19	3290	2974,75	0,1581548	0,79	2402,21	100,00	2302,21	26727,17
20	3290	2974,75	0,1630534	0,82	2476,62	100,00	2376,62	29103,78

Tabla 13: Valor Actual Neto Corregido

Aunque en términos de amortización tarda los mismos años en recuperarse la inversión inicial, el aumento de precios de la electricidad incrementa considerablemente el ahorro debido a que por más que aumente el precio de la energía a nosotros no nos afecta, pasando en 20 años de ahorrarnos 14 966 € al precio actual de la energía a casi el doble, 29 103 € asumiendo este crecimiento de precios.

Pero en cuanto a amortización se refiere, en ambos casos se recuperaría la inversión en 3 años con un VAN positivo.

8.2 Tasa Interna de Rentabilidad

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) da a conocer en qué porcentaje es viable la instalación en función del VAN respecto a la inversión inicial.

Año	Producción anual (kWh)	Consumo anual (kWh)	Precio Venta kWh (€)	Precio Compra kWh (€)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado (€)	VAN (€)	TIR
Inversión Inicial							-4291,66		
1	3290	2974,75	0,06998	0,35	1062,93	100,00	962,93	-3328,73	-78%
2	3290	2974,75	0,0748786	0,37	1137,33	100,00	1037,33	-2291,40	-53%
3	3290	2974,75	0,0797772	0,40	1211,74	100,00	1111,74	-1179,67	-27%
4	3290	2974,75	0,0846758	0,42	1286,14	100,00	1186,14	6,47	0%
5	3290	2974,75	0,0895744	0,45	1360,55	100,00	1260,55	1267,02	30%
6	3290	2974,75	0,094473	0,47	1434,95	100,00	1334,95	2601,97	61%
7	3290	2974,75	0,0993716	0,50	1509,36	100,00	1409,36	4011,33	93%
8	3290	2974,75	0,1042702	0,52	1583,76	100,00	1483,76	5495,09	128%
9	3290	2974,75	0,1091688	0,55	1658,16	100,00	1558,16	7053,25	164%
10	3290	2974,75	0,1140674	0,57	1732,57	100,00	1632,57	8685,82	202%
11	3290	2974,75	0,118966	0,59	1806,97	100,00	1706,97	10392,79	242%
12	3290	2974,75	0,1238646	0,62	1881,38	100,00	1781,38	12174,17	284%
13	3290	2974,75	0,1287632	0,64	1955,78	100,00	1855,78	14029,96	327%
14	3290	2974,75	0,1336618	0,67	2030,19	100,00	1930,19	15960,15	372%
15	3290	2974,75	0,1385604	0,69	2104,59	100,00	2004,59	17964,74	419%
16	3290	2974,75	0,143459	0,72	2179,00	100,00	2079,00	20043,74	467%
17	3290	2974,75	0,1483576	0,74	2253,40	100,00	2153,40	22197,14	517%
18	3290	2974,75	0,1532562	0,77	2327,81	100,00	2227,81	24424,95	569%
19	3290	2974,75	0,1581548	0,79	2402,21	100,00	2302,21	26727,17	623%
20	3290	2974,75	0,1630534	0,82	2476,62	100,00	2376,62	29103,78	678%

Tabla 14: Tasa Interna de Rentabilidad

En la tabla anterior podemos observar que al final del periodo de 20 años, se ha obtenido una Tasa Interna de Rentabilidad del 678%. Esto quiere decir que en términos de ahorro debido al no consumo de energía de la red y al aumento de precios de la energía eléctrica nuestro ahorro respecto a la inversión realizada es de 678%.



9 Pliego de Condiciones

9.1 Antecedentes

A continuación, se realizará una revisión del Pliego de Condiciones Técnicas para la instalación anteriormente descrita, donde se estipulan las normativas a cumplir siguiendo el reglamento vigente en España.

Dicha instalación queda definida en el ámbito de aplicación definido en los artículos 6 y 9 de la Ley 24/2013 del 26 de diciembre del Sector Eléctrico, en concreto los especificados por el Real Decreto 1699/2011 del 18 de noviembre, aplicando a todas las instalaciones de este tipo. Además de cumplir con el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, como todas las instrucciones técnicas pertinentes.

9.2 Promotor

El promotor de esta instalación fotovoltaica es la propietaria de la vivienda con DNI 48675462-J, con domicilio fiscal en la vivienda donde se realizará la instalación

9.3 Objeto

El objeto del presente pliego es establecer las condiciones técnicas que han de regir en la Contratación del suministro, instalación, legalización y puesta en funcionamiento que han de cumplir las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, extendiéndose a todos los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos pertenecientes a la instalación. Esta estará situada sobre la cubierta de una vivienda unifamiliar situada en Sant Vicent del Raspeig.

9.4 Generalidades

Serán de aplicación todas las normativas que afecten a la instalación solar fotovoltaica, y en particular las siguientes:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.



9.5 Características de la instalación fotovoltaica

La instalación fotovoltaica estará compuesta por los diferentes módulos requeridos, de manera que se asegure el servicio y funcionamiento de la instalación de manera correcta y segura para el autoconsumo de la vivienda.

9.5.1 Placas fotovoltaicas

- El sistema de módulos estará compuesto por 6 paneles fotovoltaicos conectadas en serie generando una potencia nominal de 2,04 kW.
- Estos módulos estarán ubicados en la cubierta de la vivienda en dos filas de tres módulos con un ángulo azimut de -36°
- El inversor será el encargado de la transformación de la energía producida de continua a alterna y será destinada para autoconsumo o en su defecto, será inyectada a la red.

9.5.2 Estructura de soporte

- La estructura de soporte irá regida por lo especificado en el Código Técnico de Edificación en cuanto a seguridad se refiere.
- Esta estructura deberá ser capaz de soportar las fuerzas sometidas por los agentes climáticos además de tener que soportar el peso de los módulos.

9.5.3 Inversor

- El inversor será del tipo correspondiente para la conexión a la red eléctrica, con potencia de entrada variable siendo capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar (MPPT).
- Las características básicas del inversor serán las siguientes:
 - o Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
 - o Autoconmutados.
 - o Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
 - o No funcionará en modo aislado.
- Dispondrá de las señalizaciones correspondientes para el correcto funcionamiento además de incorporar los controles necesarios para asegurar su adecuada supervisión y manejo.
- El inversor tendrá una garantía mínima de 3 años para este tipo de instalaciones.

9.5.4 Cableado

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- El cableado será de cobre con una sección seleccionada adecuada para evitar las caídas de tensión y sobrecalentamiento. Esta sección será suficiente para asegurar una caída de tensión inferior al 1,5%.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.



9.5.5 Protecciones

- 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.
- Esta instalación estará protegida mediante un magnetotérmico a la salida del inversor para así proteger toda la instalación y todos sus elementos. Además, entre el generador fotovoltaico y el inversor también queda protegido por los diferenciales.

9.5.6 Conexión a la red

- Las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución de baja tensión.
- Esta conexión tiene como única finalidad asegurar el consumo de la vivienda en caso de ser requerido en caso de no tener la suficiente potencia proporcionada por la instalación fotovoltaica.

9.5.7 Puesta a tierra

- La instalación cumplirá con lo descrito en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Todas las masas de la instalación fotovoltaica, incluyendo tanto la parte de continua como la parte de alterna estarán conectadas a una única tierra, siendo esta independiente al neutro dispuesto por la empresa distribuidora, siguiendo el Reglamento de Baja Tensión.
- La instalación constará con un esquema TT. Conectando así todos los herrajes en los que se montaran los paneles fotovoltaicos, también en los marcos de estos, así como cada parte metálica que forme parte de la instalación como puede ser la carcasa metálica del inversor, paneles, etc.

9.5.8 Producción energética

La producción energética a sido estimada a través de la herramienta online PVGIS, aproximando esta producción a través de la potencia instalada, de la posición geográfica de la instalación y bases de datos climatológicas de la zona.

9.5.9 Recepción y pruebas

El contratista entregará al cliente toda la documentación en relación con el suministro de materiales, componentes y manuales de uso y mantenimiento.

Las pruebas a realizar por el instalador serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.



- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

La instalación no se considerará recepcionadas hasta que:

- No se hayan resultado positivo todas las pruebas indicadas.
- Se haya comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante como mínimo 240 horas seguidas, sin interrupciones ni paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado.
- Se haya proporcionado la entrega de toda la documentación requerida.
- Se compruebe la retirada de obra de todo el material sobrante, el correcto remate de todas las actuaciones realizadas en los edificios y la limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
- Se verifique el correcto funcionamiento de los sistemas de control y monitorización y el acceso online de los datos de producción.

9.6 Plazo de ejecución

El plazo de ejecución se fija como máximo en 3 meses a contar desde el primer día hábil posterior a la fecha de formalización del contrato.



10 Conclusiones

En este proyecto se ha descrito una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red para una vivienda unifamiliar con una potencia instalada de 2,04 kW. Como se ha podido demostrar esta instalación es rentable en el periodo estipulado por la garantía, suponiendo un gran descuento económica para el cliente.

Además, cuenta con la ventaja que al ser conectada a red no supone un problema la baja o nula producción energética debido a agentes externos, permitiendo a la instalación consumir de la red en los momentos más críticos en los que pueda encontrarse.

La realización de este proyecto se ha adquirido conocimientos sobre las instalaciones fotovoltaicas, el autoconsumo y el dimensionado y cálculo de estas instalaciones. Se han aplicado conocimientos recibidos en diferentes asignaturas como Baja Tensión, Energías Renovables, Oficina Técnica, etc.



11 Bibliografía

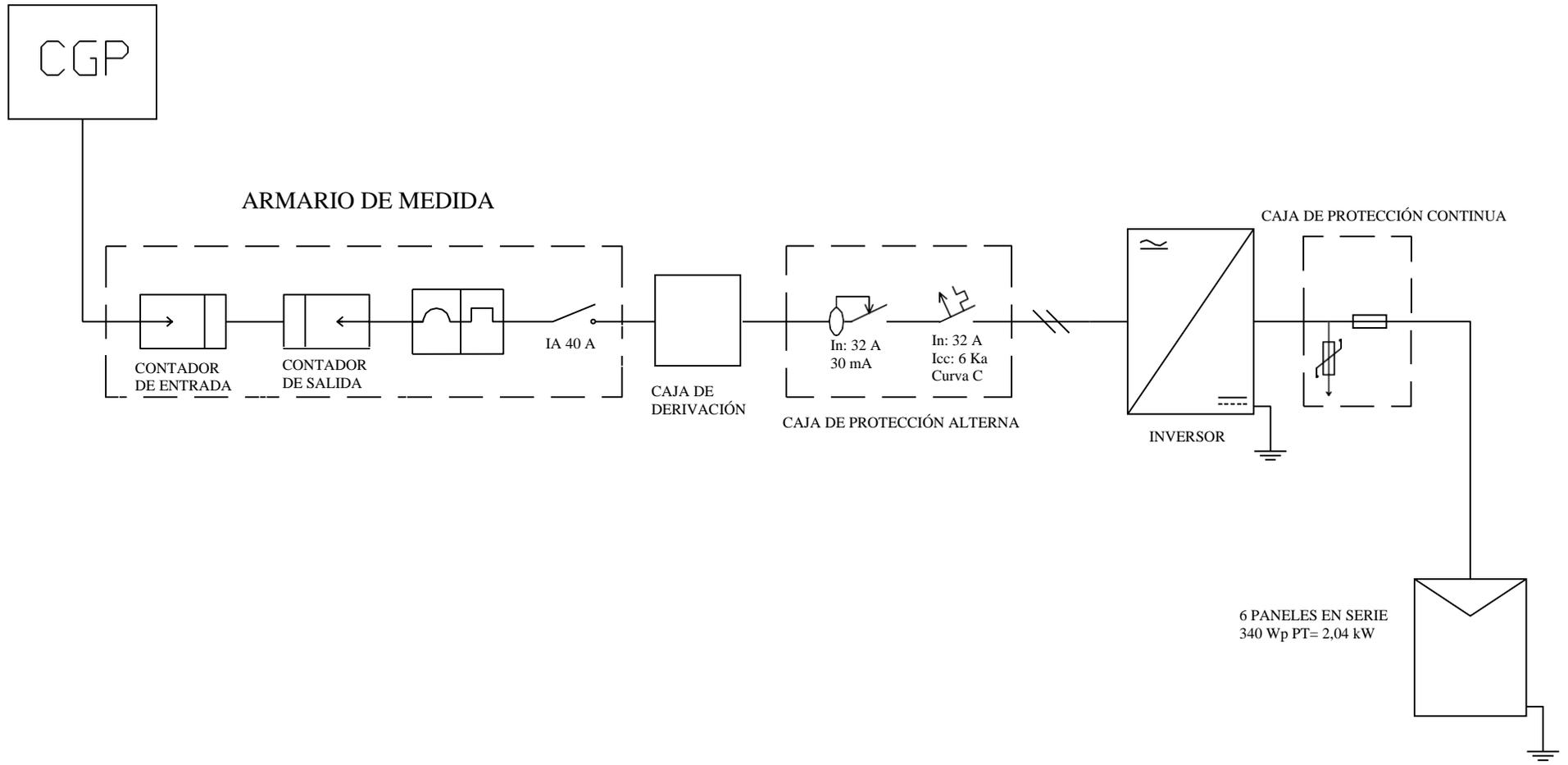
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).
- Normativa descrita en el Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Evaluación energética con la herramienta PVGIS
- Catálogo de material de AutoSolar.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Apuntes de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión (UPV Campus de Alcoy).
- Apuntes de Energías Renovables (UPV Campus de Alcoy).
- Energía Solar Fotovoltaica de Oscar Perpiñán Lamigueiro [Noviembre de 2020]

Páginas Web consultadas:

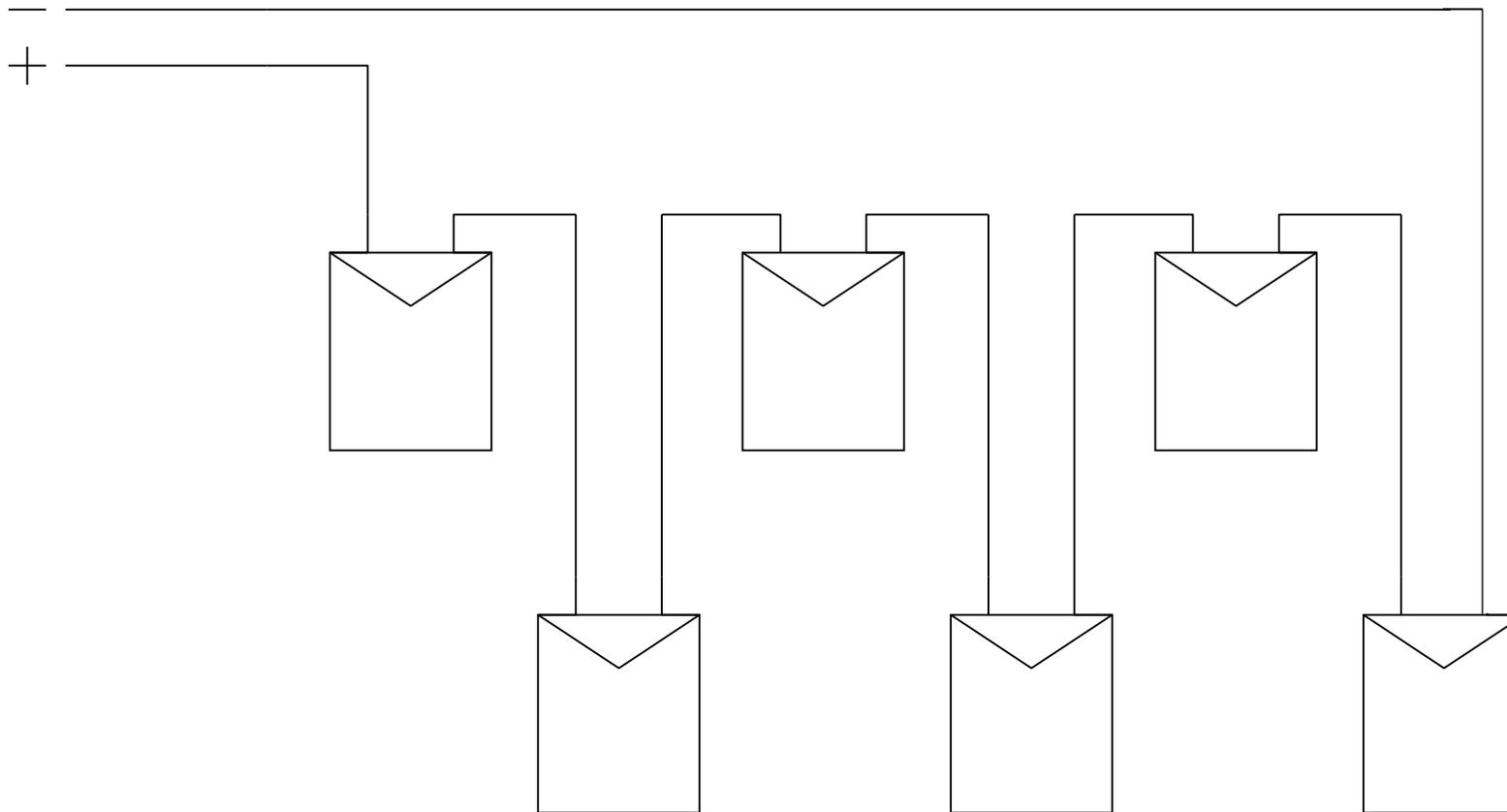
- <https://www.apuntesdeelectronica.com/otros/energia-solar-fotovoltaica-libro.htm>
- <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz>
- <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>
- <https://albasolar.es/elementos-de-proteccion-de-la-instalacion-fotovoltaica/>



PLANOS



		Nombre	Firmas	Universidad Politécnica de Valencia Campus de Alcoy	
Dibujado	16/06/2022	Jorge Fdz.			
Comprob.				Trabajo Fin de Grado 2021/2022	
Escala	Esquema Unifilar de la Instalación			Nº: 1	
S/E				Instalación Fotovoltaica para Vivienda Unifamiliar	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



6 PANELES SOLARES DE 340 Wp

		Nombre	Firmas	Universidad Politécnica de Valencia		
Dibujado	16/06/2022	Jorge Edz.		Campus de Alcoy		
Comprob.				Trabajo Fin de Grado 2021/2022		
Escala	Esquema Unifilar de la Instalación			Nº: 2		
S/E				Sustituye a:		Instalación Fotovoltaica para Vivienda Unifamiliar
				Sustituido por:		



		Nombre	Firmas	Universidad Politécnica de Valencia
Dibujado	16/06/2022	Jorge Edz.		Campus de Alcoy
Comprob.				Trabajo Fin de Grado 2021/2022
Escala	Posición de la Instalación			Nº: 3
S/E				Instalación Fotovoltaica para Vivienda Unifamiliar
				Sustituye a:
				Sustituido por:



ANEXOS



FICHA TÉCNICA DE LOS PANELES SOLARES

ESPMC

Polycrystalline Solar Module

KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell:**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:**
 Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- Low-light Performance:**
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Reliable Warranty:**
 10 years' product warranty.
 Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS POSITIVE TOLERANCE



12 YEARS PRODUCT WARRANTY



10 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%



25 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%

POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(Im)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M ² ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE, ROHS,PID Resistant,INMETRO
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001

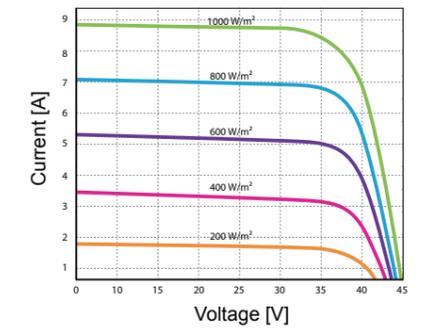
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT in white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	> IP68
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm ² & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.9kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

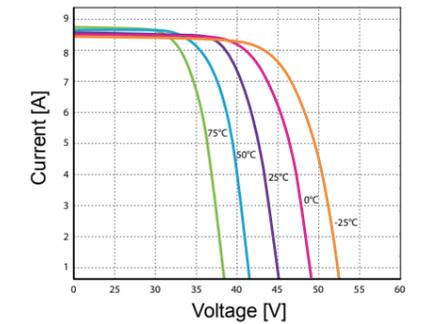
PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
40HQ	26	570	2000x1130x1120	627
	31	676	2000x1130x1340	

CURRENT-VOLTAGE CURVES:

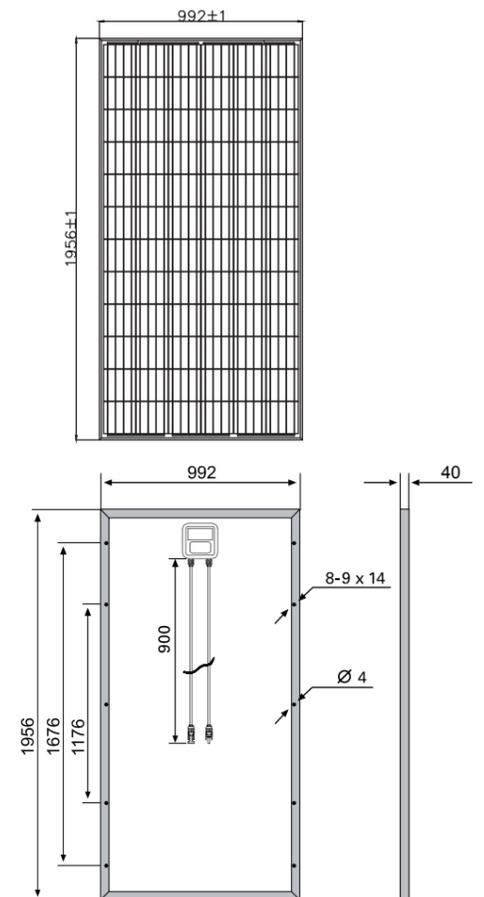


Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m²).

MODULE DIMENSIONS:



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation. © October 2019 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

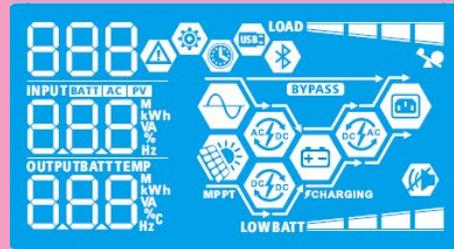
CAMPUS D'ALCOI

FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR

Axpert VM III Off-Grid Inverter



LCD Display Panel



20220119-330

- Detachable LCD control module with various communications

This detachable LCD control module can be turned to remote panel. Users can install the LCD panel in accessible area away from inverter up to 20 meters.



- Reserved communication port (RS-485, CAN-BUS or RS-232) for BMS

This third generation inverter is reserved communication port for BMS. For the detailed information, please contact sales directly.



- Battery equalization extends lifecycle

This inverter charger is built in battery equalization function. This function will help remove sulfation to optimize battery performance and even extend lifecycle.

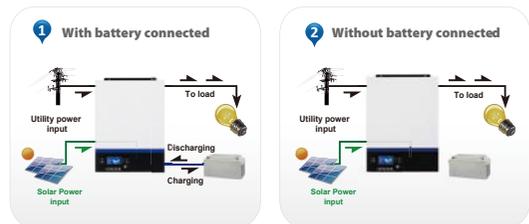
- Integrated Bluetooth interface with Android App

VM III series is integrated Bluetooth interface ready for mobile monitoring. This technology allows wireless communication up to 6~7m in an open space. Now, WatchPower App is available in google store.



- Battery independency

Inverter can keep supplying power to the loads from PV energy or the grid without battery connected.



- Supports USB On-the-Go function

VM III series supports USB On-the-Go function to facilitate data upload/download.



- User-friendly LCD operation

Users can easily set up or change the charging current, output source and charger source prioritization through LCD control panel to optimize inverter performance.



- Replaceable fan design

VM III series is designed with replaceable fan. It will simplify the maintenance and reduce the maintenance cost.



Axpert VM III Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert VM III-1500-24	Axpert VM III-3000-24	Axpert VM III 5000-48
Rated Power	1500VA/1500W	3000VA/3000W	5000VA/5000W
INPUT			
Voltage	230 VAC		
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)		
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)		
OUTPUT			
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC \pm 5%		
Surge Power	3000VA	6000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%		
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) 20 ms (For Home Appliances)		
Waveform	Pure sine wave		
BATTERY			
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC
Overcharge Protection	33 VDC		63 VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER			
Solar Charger type	MPPT		
Maximum PV Array Power	2000W	4000W	5000W
MPP Range @ Operating Voltage	120 ~ 380 VDC	120 ~ 450 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	400 VDC	500 VDC	
Maximum Solar Charge Current	60A	80A	
Maximum AC Charge Current	40A	60A	
Maximum Charge Current	60A	80A	
PHYSICAL			
Dimension, D x W x H (mm)	100 x 280 x 390	115 x 300 x 400	
Net Weight (kgs)	8.5	9	10
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Bluetooth/Dry-contact		
OPERATING ENVIRONMENT			
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)		
Operating Temperature	-10°C to 50°C		
Storage Temperature	-15°C to 60°C		

Product specifications are subject to change without further notice.



FICHA TÉCNICA DEL CABLE ELÉCTRICO



TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

Cable para instalaciones solares fotovoltaicas TÜV y EN.

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502

DISEÑO

Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible)

según UNE-EN 60228
e IEC 60228.

Aislamiento

Goma libre de halógenos

Cubierta

Goma libre de halógenos de color negro o rojo.



D_{ca} - s2, d2, a2

APLICACIONES

El cable Topsolar H1Z2Z2-K, certificado TÜV y EN, es apto para instalaciones fotovoltaicas, tanto en servicio móvil como en instalación fija. Cable muy flexible especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor de corriente continua o alterna. Compatible con la mayoría de conectores. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado a la intemperie en plenas garantías.





CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 1,5/1,5 · 1kV · (1,8) kV DC



Norma de referencia

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502



Certificaciones

Certificados

CE
TÜV
EN
RoHS



D_{ca} - s2, d2, a2



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 120°C.
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).
Temp. mínima de servicio: -40°C



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.
Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%.
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.
Reacción al fuego CPR: D_{ca} - s2, d2, a2 según la norma EN 50575.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior.
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



Resistencia a los rayos Ultravioleta

Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.



Presencia de agua

Presencia de agua: AD8 sumergida.



Vida útil

Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60216-2



Otros

Marcaje: metro a metro.



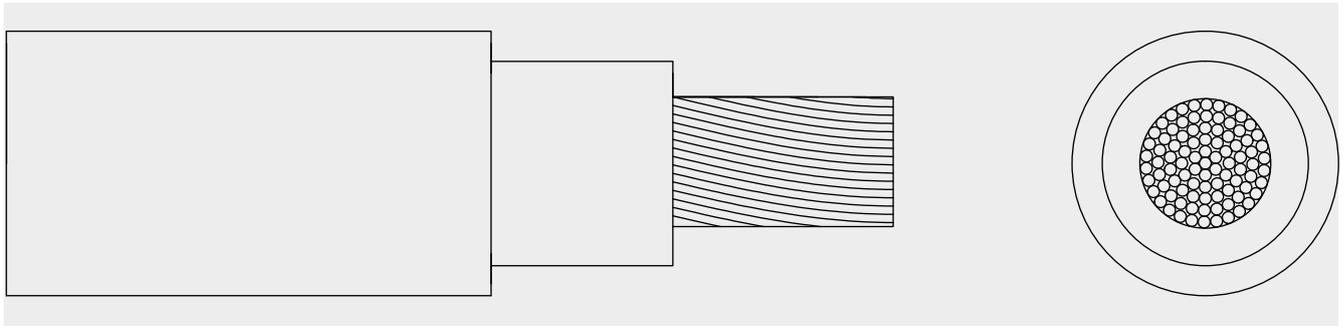
Condiciones de instalación

Al aire.
Enterrado.



Aplicaciones

Instalaciones solares fotovoltaicas.



DIMENSIONES

Sección (mm)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre (A)	Int. Sobre Superficie (A)	Int. Adyacente a Superficie (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 2,5	4,8	42	41	39	33	23,0
1 x 4	5,3	57	55	52	44	14,3
1 x 6	5,9	76	70	67	57	9,49
1 x 10	7,0	120	98	93	79	5,46
1 x 16	8,2	179	132	125	107	3,47
1 x 25	10,8	294	176	167	142	2,23
1 x 35	11,9	390	218	207	176	1,58

Intensidades máximas admisibles según IEC 60364-5-52.

Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en el anexo de este catálogo.

Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable y en la Declaración de Prestaciones (DoP).

Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.

Para más información: ventas@topcable.com