



GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

# DISEÑO E INDUSTRIALIZACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 2 KW INTEGRADO EN VIVIENDAS PREFABRICADAS

AUTOR: SEBASTIAN FERNANDEZ VARGAS

TUTOR: PAULA GISBERT GARRIDO

2016/2017



## RESUMEN

El siguiente proyecto es una propuesta de mejora de una vivienda basada el diseño de un techo con paneles solares integrados que hagan a la vivienda autosuficiente.

Debido a los avances en la energía solar fotovoltaica, a las economías de escala, así como a la gran cantidad de proveedores los precios actuales son muy competitivos, lo que nos permitirá alcanzar nuestro objetivo a un precio razonable, que una década atrás hubiera parecido imposible.

A todo esto, le sumamos nuestra colaboración a un problema que nos concierne a todos, el cambio climático utilizando una fuente de energía limpia como es el sol.

## ABSTRACT

The next project is a proposal to improve a home based on the design of a ceiling with integrated solar panels that they make the house energetically sufficient.

Due to the advances in solar energy, the scale economics and the large number of suppliers, the current prices are very competitive, which will allow us reach our goal with a reasonable price, that in a previous decade would have seemed impossible.

To all this, we add our help to a problem that concerns us all, the climate change using a clean energy source like the sun.

## CONTENIDO DEL TRABAJO

### 1. Memoria

1.1 Objeto y justificación del proyecto.....	5
1.2 Situación geográfica.....	5
1.3 Energías renovables.....	7
1.3.1 Introducción.....	7
1.3.2 Energía solar. Tipos. ....	7
1.3.3 Energía solar fotovoltaica.....	8
1.3.4 Energía solar en España.....	8
1.3.5 La célula fotovoltaica.....	10
1.3.6 El módulo fotovoltaico.....	14
1.4 Elementos de consumo.....	21
1.5 Instalación fotovoltaica. Partes. ....	22
1.6 Diseño y cálculos.....	26
1.6.1 Tensión de trabajo.....	26
1.6.2 Módulos fotovoltaicos ....	26
1.6.3 Baterías.....	28
1.6.4 Inversor.....	29
1.6.5 Regulador de carga.....	30
1.6.6 Cableado.....	30
1.6.7 Puesta a Tierra.....	36
1.6.8 Protecciones.....	37
1.6.9 Ventilación.....	38
2. Pliego de Condiciones Técnicas.....	40
3. Planos.....	41
3.1 Plano de la casa en estudio.....	43
3.2 Estructura del techo sin paneles.....	44
3.3 Estructura del techo con paneles.....	45
3.4 Estructura del techo completo con paneles.....	46
3.5 Diagrama unifilar.....	47
4. Presupuesto y Análisis de Viabilidad.....	48

<b>5. Anexos.....</b>	<b>56</b>
5.1 Fotografías de la vivienda donde se va a realizar la instalación.....	56
5.2 Presupuesto del año 2008 de la instalación solar fotovoltaica aislada.....	57
5.3 Captura de los datos sacados de PVGIS.....	58
5.4 Pliego de condiciones desarrollado.....	59
5.5 Hojas de catálogo de los elementos de la instalación.....	59
5.5.1 Paneles solares.....	59
5.5.2 Inversor .....	61
5.5.3 Batería.....	62
5.5.4 Regulador de carga.....	64
5.5.5 Cableado.....	65
5.5.6 Protecciones.....	67
5.5.6.1 Fusible.....	67
5.5.6.2 Interruptor diferencial.....	68
5.5.6.3 Interruptor magnetotérmico.....	69
5.6 Proceso de construcción del techo integrado.....	70
5.6.1 Techo sin paneles.....	70
5.6.2 Techo con paneles integrados.....	71
5.6.3 Techo con paneles integrados y cubierta.....	72

## 1.1 OBJETO Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El citado proyecto “Diseño e industrialización de un sistema fotovoltaico integrado en viviendas prefabricadas” tiene como objetivo fundamental la mejora del techo en casas prefabricadas, añadiendo desde la parte inicial del proceso de montaje una instalación solar fotovoltaica aislada e integrada en el propio techo.

Otro objetivo es la síntesis de gran parte de los conocimientos obtenidos a lo largo de estos cuatro años de grado en materia de investigación, síntesis, diseño y mejora de producto.

Además de esto, introducimos en el mundo de las energías renovables y limpias (en nuestro caso la energía solar fotovoltaica), cada vez más necesarias e importantes.

Se pretende con este proyecto una futura instalación real y la posterior industrialización (ofrecer esta opción en el catálogo de productos), así como que el proyecto pueda servir de ayuda tanto a futuros ingenieros como a profesionales que estén interesados en este sector.

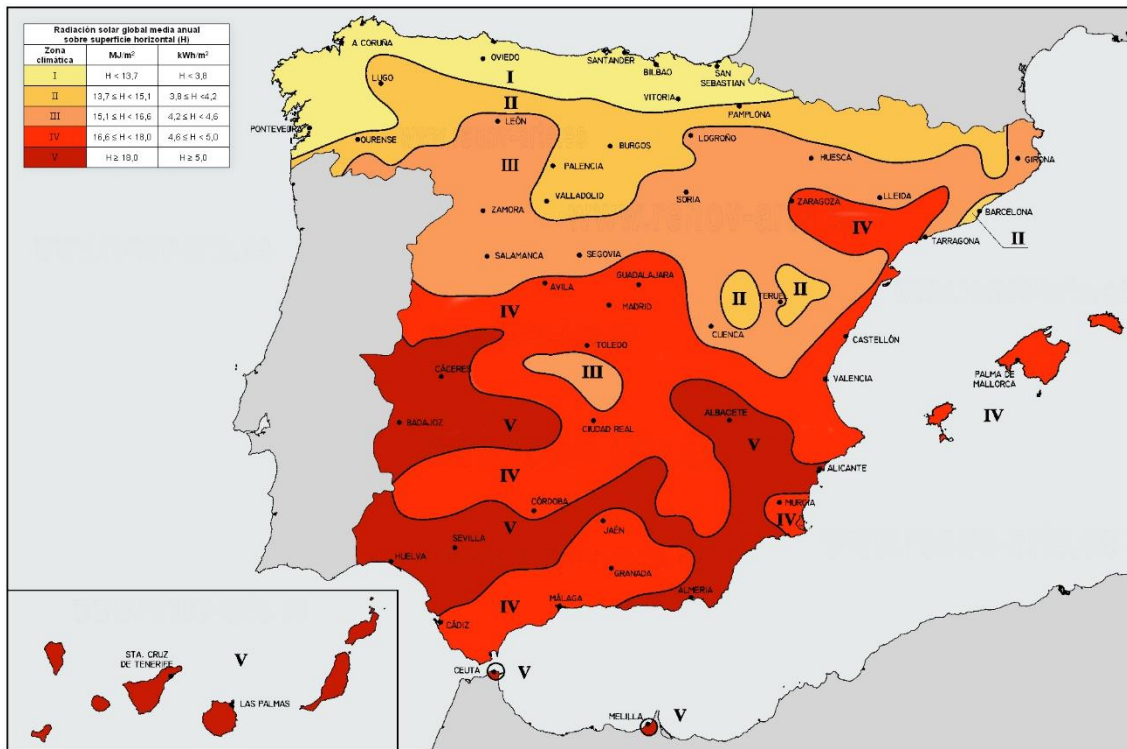
## 1.2 SITUACION GEOGRAFICA

Como una primera aproximación al modelo propuesto es conveniente que analicemos el clima en España, ya que dependiendo de la ubicación del techo integrado tendremos un nivel de radiación anual según en qué ciudad estemos. En el siguiente mapa, proporcionado por el Código Técnico de Edificación (CTE), podemos ver las diferentes zonas (5 en total).

Además de esto, hemos de comentar la forma de colocación de los paneles.

Los paneles se orientarán hacia el sur, ya que con esta disposición los paneles recibirán mayor radiación a lo largo del día y, en consecuencia, a lo largo del año.

La explicación a este fenómeno es muy simple: se debe a que nos encontramos en el hemisferio norte y debido al ángulo de inclinación de la Tierra con el Sol, el máximo de radiación solar se dará en la dirección de la línea Ecuatorial (el sur).



(Fuente: [enciclopedia.us.es/index.php/Regiones\\_climáticas\\_en\\_España](http://enciclopedia.us.es/index.php/Regiones_climáticas_en_España))

Como primer modelo, el techo se va a probar en la ciudad de Valencia que, como podemos observar en el mapa se encuentra en la zona IV.

Para conocer los intervalos de radiación solar media diaria nos podemos fijar en la siguiente tabla (Cuarta fila, zona climática IV).

**Tabla 4.4. Radiación solar global media diaria anual**

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

(Fuente: <http://www.efimarket.com/blog/radiacion-solar-en-espana/>)

## 1.3 ENERGIAS RENOVABLES

### 1.3.1 INTRODUCCION

El factor fundamental por el que se ha realizado este proyecto es la posibilidad de ofrecer una vivienda que nos permita ser autosuficientes energéticamente y evitar así conectarnos a la red eléctrica.

Además, en muchos sitios rurales donde no llega el tendido eléctrico, reemplazaríamos los generadores de combustibles fósiles (fuente de energía común en este tipo de viviendas) por una energía mucho más limpia.

Se ha de hacer hincapié en el diseño de la cubierta integrada, lo que da un aspecto mucho más elegante y sutil que las estructuras de paneles actuales.

### 1.3.2 ENERGIA SOLAR

La energía solar es una fuente de energía de las llamadas limpias o renovables que se obtiene directamente del sol y que mediante los sistemas de captación adecuados puede generar calor y electricidad.

No toda la radiación que incide sobre la exosfera alcanza la superficie terrestre, sólo lo hace alrededor del 50%(Radiación global).

Podemos dividir esta radiación en **tres tipos**.

La **radiación directa** es la que tiene una trayectoria sin interrupciones, la **radiación difusa** es la que se produce como consecuencia de fenómenos físicos de reflexión y refracción y por último el **albedo**, que es la radiación que llega por choque en elementos colindantes como el mar o la nieve.

Existen varias formas de captar y aprovechar la radiación del sol para generar energía, dando lugar a los tipos de energía solar que conocemos hoy en día: solar fotovoltaica, solar fototérmica y la termoeléctrica.

*(Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología Energética, curso 2016/17)*

Introducidos los tipos de energía solar nos centraremos a partir de aquí en el estudio de la energía solar fotovoltaica.

### 1.3.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La generación de energía solar fotovoltaica se basa en la obtención de energía eléctrica a partir de la intersección de la luz sobre un material especial, de forma que al incidir la luz sobre este produzca una corriente de electrones.

Este efecto recibe el nombre de efecto fotoeléctrico y permite transformar tanto la radiación directa como la difusa en corriente eléctrica continua.

Dentro de los materiales, los más adecuados son los semiconductores, en especial el silicio (monocristalino, policristalino y amorfo).

Ocho años atrás se pidió un presupuesto a una empresa (*TECHNOSUN S.L*) para la instalación aislada de la vivienda, donde los gastos totales rondaban cerca de los veinte mil euros.

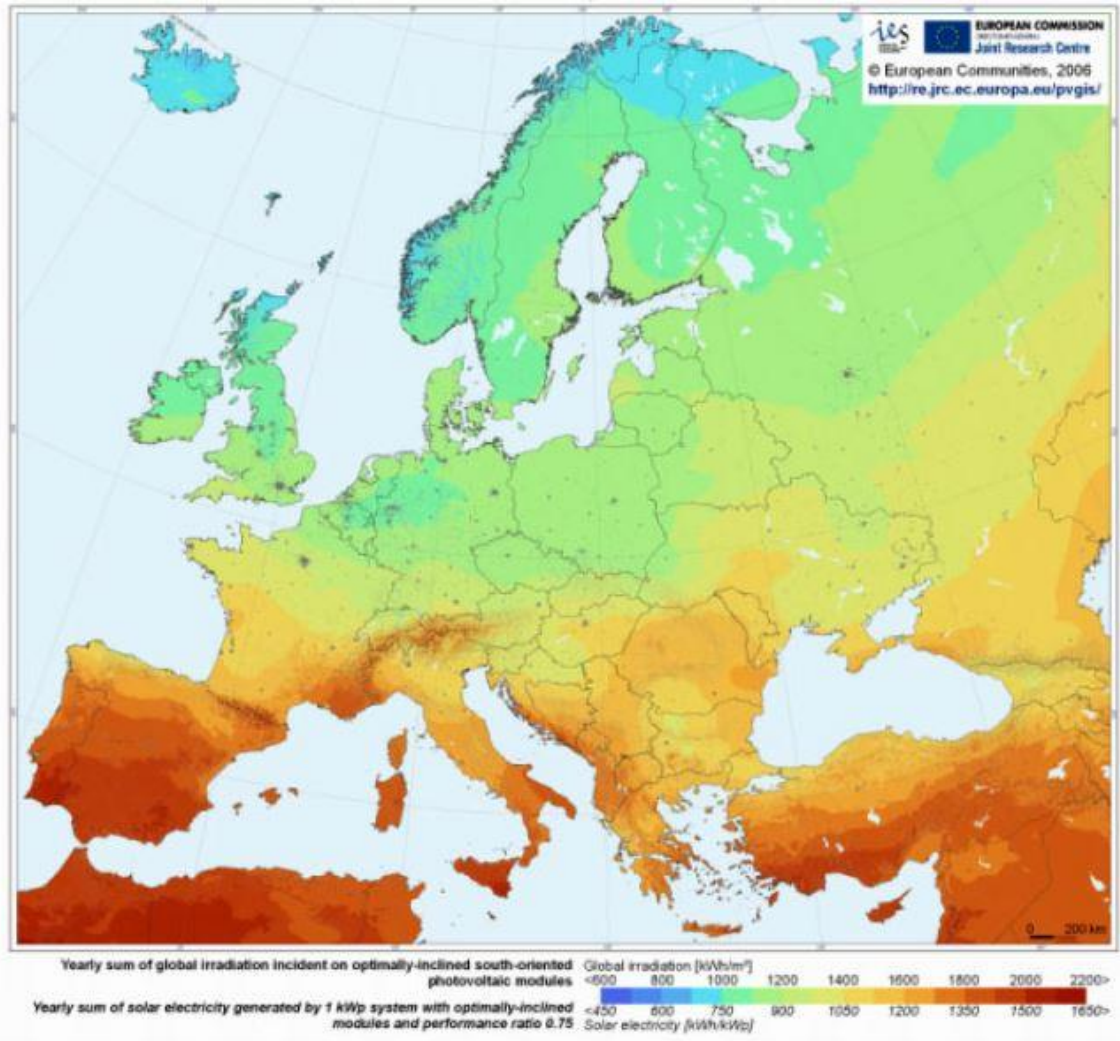
A partir del año 2008, la potencia instalada en España dio un salto brutal debido a las ayudas que otorgaba el gobierno, lo que ha dado lugar a la aparición de un aumento considerable de los proveedores de instalaciones solares fotovoltaicas.

Hoy en día los costes se han reducido en gran cantidad y una instalación igual cuesta muchísimo menos.

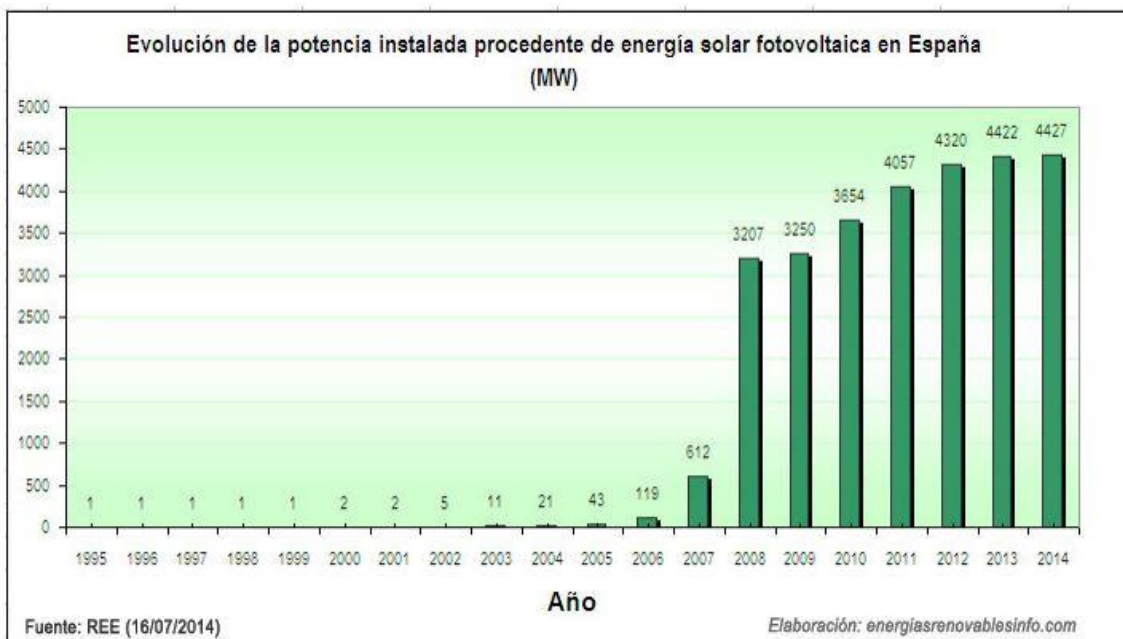
### 1.3.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

Por su localización, España es un país que recibe buenas dosis de irradiación solar. Por ello, tiene un gran potencial para ser uno de los países referentes en cuanto a producción de energía procedente del sol.





(Fuente: [www.energiasrenovablesinfo.com](http://www.energiasrenovablesinfo.com))



(Fuente: REE (16/07/2014))

Como podemos observar en la gráfica anterior, España experimentó un crecimiento record a partir del año 2008, debido a los incentivos que se otorgaban a las nuevas instalaciones de energía solar fotovoltaica.

Debido a la crisis, el gobierno fue incapaz de mantener el sistema de primas y ha ido cambiando progresivamente la legislación en energías renovables, de tal forma que ha supuesto una frenada en seco en la creación de nuevas instalaciones.

Nuestra tabla muestra datos hasta el año 2014, donde podemos observar que en los últimos años no se ha aumentado la potencia instalada.

### 1.3.5 LA CELULA FOTOVOLTAICA.

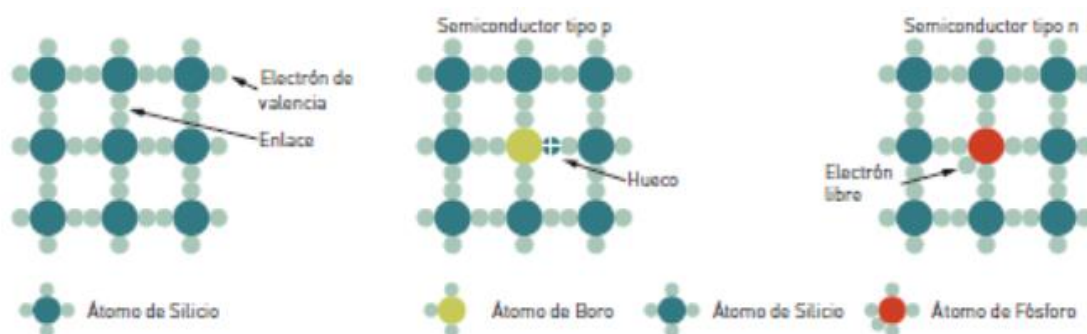
En una célula, los átomos de silicio (valencia 4) forman un enlace covalente con cada uno de los átomos de silicio adyacentes.

Cuando el cristal se encuentra a temperatura ambiente, algunos electrones pueden saltar a la banda de conducción dejando el correspondiente hueco en la banda de valencia.

La energía requerida para el silicio es de 1.12 eV.

En la práctica se suele dopar los cristales de silicio con otros materiales para aumentar el número de electrones o de huecos.

La célula fotovoltaica está compuesta por dos láminas de silicio P-N, de las cuales una está dopada con elementos de menor número de electrones de valencia (P), normalmente el Boro y la otra con elementos con mayor número de electrones que el silicio (N) normalmente fósforo.



(Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE)

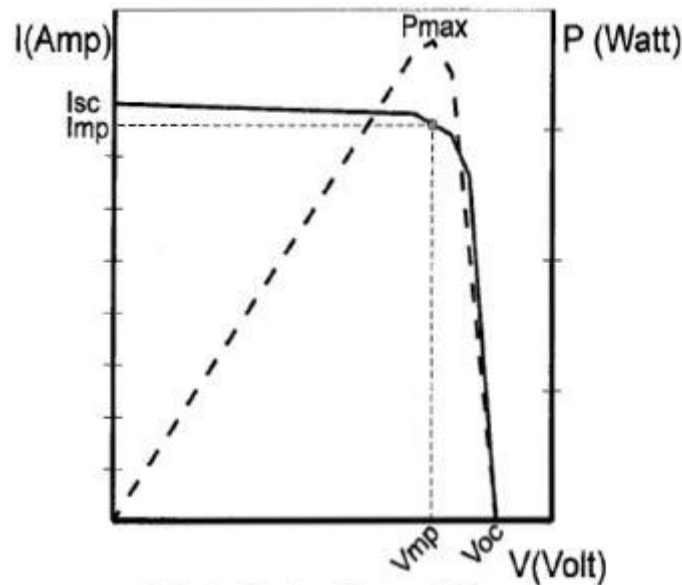
Los fotones que provienen del sol, que presentan la energía adecuada inciden sobre la capa N (exceso de electrones) y al estar en interacción con el material, liberan electrones de los átomos de silicio, que atraviesan la capa del semiconductor pero no pueden volver.

Así, la capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la capa P.

Se genera así un campo eléctrico que actúa como un diodo, permitiendo el paso de la corriente en un solo sentido.

Este diodo es especialmente sensible a la radiación en el espectro visible, generando la corriente eléctrica cuando se conecta una carga a la célula.

Dentro de la célula fotovoltaica es interesante definir un parámetro muy importante que caracteriza el comportamiento de la misma, *la curva I-V*.



*Célula solar. Curva I-V*

Dicha curva representa los valores de tensión y corriente, medidos experimentalmente de un típico panel solar fotovoltaico sometido a unas determinadas condiciones constantes de insolación y temperatura.

Definimos una serie de parámetros importantes de la curva:

**Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ , short-circuit current):** La corriente de cortocircuito se define como la máxima corriente a tensión cero. Esta corriente es directamente proporcional a la radiación solar aplicada.

**Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ , open-circuit voltage):** Es la máxima tensión a corriente cero. Esto significa que es la tensión que se produce cuando no se conecta ninguna carga que haga circular corriente. Su valor se encuentra entorno a los 600 mV.

**Potencia máxima ( $P_{max}$ ):** Para cada punto de la curva I-V, el producto de la corriente por la tensión, como bien sabemos, representa la potencia de salida de la célula para esas condiciones de operación. Cuando el producto ( $I_{mp} * V_{mp}$ ) alcanza su valor máximo, tenemos el punto de máxima potencia de esa célula.

Punto de máxima potencia (PMP):

Observando los puntos  $I_{mp}$ , que hace referencia a la corriente en el punto de máxima potencia y  $V_{mp}$  que hace referencia a la tensión en el punto de máxima potencia, multiplicando ambos obtenemos el punto de máxima potencia de la célula fotovoltaica.

Otro parámetro importante al momento de definir la célula fotovoltaica es el factor de forma (FF, Fill Factor).

Este factor nos dice que si la unión p-n fuera ideal, es decir, si crease un diodo ideal, el área de la curva I-V sería un rectángulo, lo que haría que  $P_{m\acute{a}x}$  fuera mayor, y definida por los puntos  $V_{oc}$ - $I_{sc}$ .

El Factor de Forma, así, viene a representar la calidad de la unión y de las resistencias internas de la célula.

$$FF = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}}$$

$$P_{max} = (V_{oc} * I_{sc} * FF)$$

*Factor de Forma y Potencia máxima*

Eficiencia de conversión energética  $\eta$ : Definimos este parámetro como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que se puede entregar a la carga  $P_{m\acute{a}x}$  y la potencia de radiación incidente  $P_L$  incidente sobre el dispositivo.

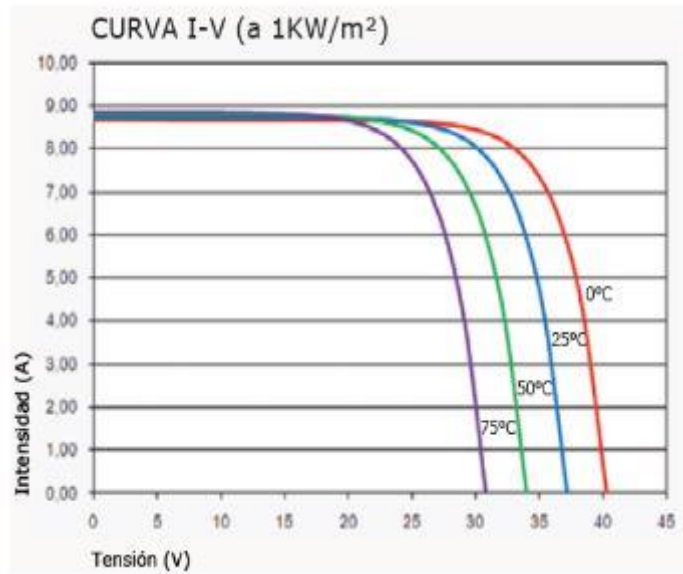
$$\eta = \frac{P_{max}}{P_L} = \frac{FF * I_{sc} * V_{oc}}{P_L}$$

*Eficiencia de conversión energética*

Como se ha comentado anteriormente, una célula puede operar en un rango de voltajes e intensidades muy amplio. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga en el circuito eléctrico y variando la irradiación de la célula desde el valor cero (Valor de CC) a valores muy altos (circuito abierto).

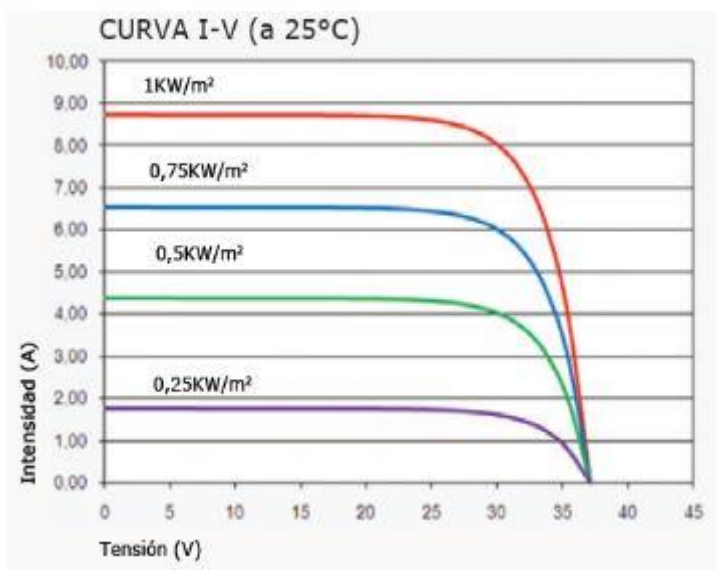
Podemos determinar el Punto de máxima potencia (PMP) que es el punto que maximiza  $V$  frente a  $I$ , es decir, la carga para la cual la célula puede entregar la potencia máxima para un nivel de radiación determinado.

Es importante saber que la tensión en bornes de la unión p-n (diodo) varía en función de la temperatura, como es lógico. Además, la corriente suministrada es proporcional a la intensidad superficial de la radiación solar. Dichas sentencias quedarán más claras con los gráficos siguientes:



Curva I-V en función de la temperatura

Se puede observar que para una intensidad fijada constante, la tensión que entrega la placa varía con respecto a la temperatura.



Curva I-V en función de la radiación

Se observa que cuando fijamos un valor de tensión, la corriente varía en función de los niveles de radiación, de manera que a mayor radiación, mayor intensidad.

### 1.3.6 MODULO FOTOVOLTAICO

Las células fotovoltaicas como elementos individuales tienen muy pocas aplicaciones, debido a los valores de tensión bajos.

Por este motivo, se asocian en serie varias células, con el objetivo de obtener valores de tensión mayores (12-48 V) que sean aptos para las aplicaciones a las que se dedican.

Existen diferentes tipos de paneles dependiendo de la tensión que deseemos para nuestra instalación. Así, podemos unir estos en **serie** o en **paralelo**.

Cuando conectamos dos paneles en serie, lo que conseguimos es que las tensiones se sumen mientras que la corriente permanece constante.

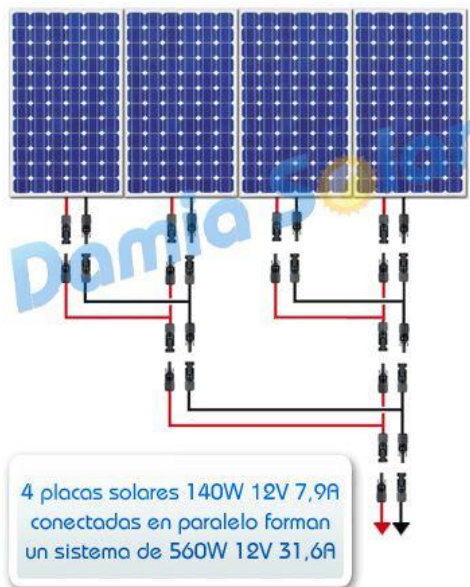
Por el contrario, cuando la conexión se realiza en paralelo lo que mantenemos constante es la tensión y las intensidades se suman.

#### Placas solares con conexión en serie



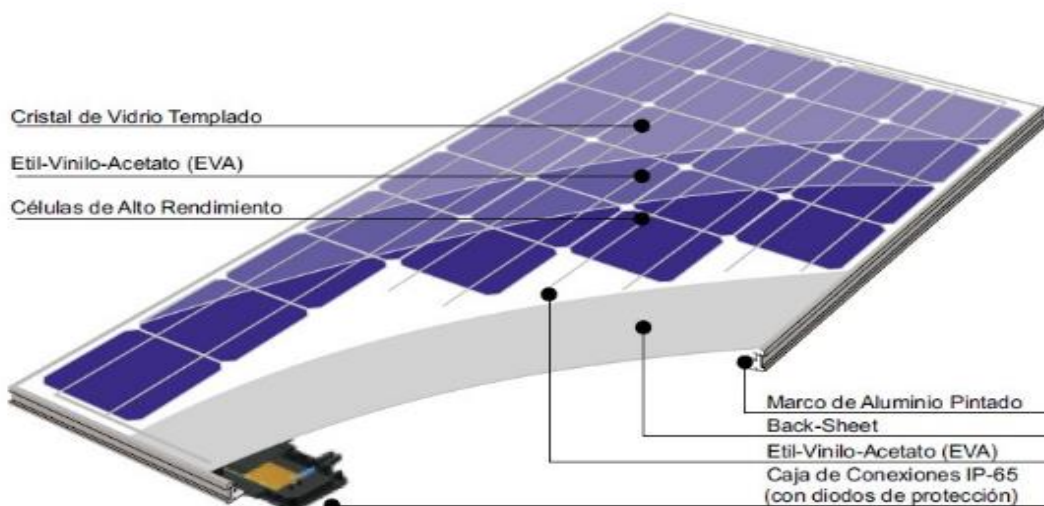
(Fuente: Damia Solar)

### Placas solares con conexión en paralelo

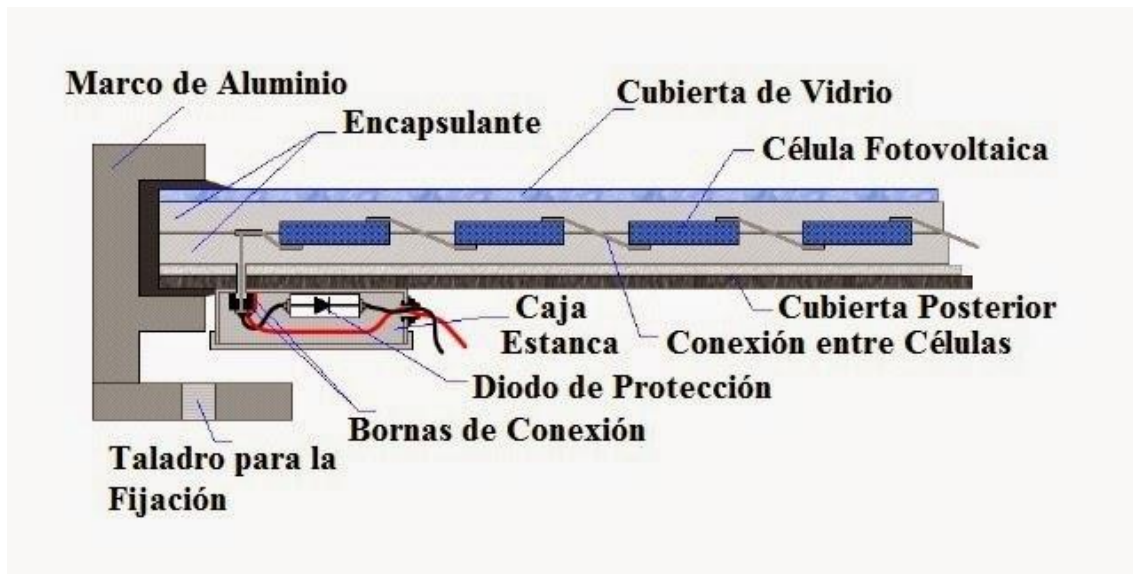


(Fuente: *Damia Solar*)

Hay que destacar, como dato importante, que los módulos fotovoltaicos tienen estructuras y formas diferentes, pero tienen la misma composición.



(Fuente: [www.calculosolar.com](http://www.calculosolar.com))



(Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología Energética, bloque I, 2016/2017)

Partiendo de la figura anterior, vamos a hacer un breve comentario sobre cada componente, que se puede extrapolar a cualquier módulo solar fotovoltaico.

### Cubierta exterior

La principal función de este elemento es la protección. Todos los módulos fotovoltaicos se encuentran a la intemperie, por lo que están sometidos constantemente a la acción de los agentes atmosféricos y humanos.

El material más utilizado en cubiertas es el vidrio templado, que presenta una buena protección contra impactos, además que posee una excelente transmisión a la radiación del espectro solar.

### Capas encapsulantes

La función de estos elementos es proteger las células solares y los contactos de interconexión. Otra función no menos importante es la de amortiguar las posibles vibraciones e impactos que se pueden producir, así como actuar de adhesivo entre las cubiertas posterior e inferior.

Dentro de los materiales más comunes encontramos los materiales acrílicos, las siliconas, TEDLAR o EVA, que se utilizarán dependiendo de la capa que queramos proteger (anterior o posterior).

Para proteger la capa encapsulante anterior utilizamos EVA (Etil-Vinil-Acetileno), cuya función es fijar las células y sellarlas frente a la penetración de humedades, aire, etc. Debe permitir la transmisión del máximo de radiación y no degradarse por efecto de los rayos UV, ya que se puede dar el fenómeno de opacidad e impedir la entrada de fotones a la célula, con la siguiente pérdida de capacidad de generación.

Para proteger la capa posterior utilizamos EVA-TEDLAR. La función de esta capa es sellar el circuito y protegerlo frente a la entrada de humedades. Generalmente, la capa de TEDLAR suele ser blanca, de tal forma que favorece el reflejo de la radiación incidente, aunque puede ser de otros colores.



### Marco soporte

Es la parte que dota de rigidez mecánica al conjunto y permite su inserción en estructuras que agruparán a los demás módulos. El material utilizado suele ser aluminio anodizado o acero inoxidable.

Los marcos de soporte deberán llevar los taladros necesarios para su anclaje a un bastidor, evitando tener que ser manipulados posteriormente.

### Contactos eléctricos

Estos contactos suelen disponerse en una o dos cajas de conexión a la intemperie, con los contactos accesibles mediante tornillo, conector o cualquier otra forma de contacto eléctrico fiable.

La protección mediante caja de conexiones suele ser la más fiable y duradera, además de incorporar elementos de protección en su interior (como diodos de by-pass) que evitarían desperfectos por sombras parciales.

Una vez conocidos los elementos más importantes de los módulos fotovoltaicos vamos a pasar a describir los tipos de módulos que existen según una serie de consideraciones.

### Según la tecnología de la célula:

Dentro de este apartado existen tres tipos de módulos fotovoltaicos en función de los materiales empleados.



### Monocrystalino

Este tipo de panel presenta una estructura cristalina ordenada. Esta estructura la obtenemos a partir de silicio fundido dopado con boro. Se distingue de los demás por tener un color azul oscuro metalizado.



*(Fuente: Autosolar)*

### Policristalino

Este tipo de panel presenta una estructura por regiones separadas. Las zonas irregulares representan una pérdida de rendimiento. Respecto a la obtención, se genera igual que el monocrystalino pero con un número de fases de cristalización menor. El rendimiento es menor que el de los monocrystalinos.



*(Fuente: [www.sitiosolar.com](http://www.sitiosolar.com))*

### **Amorfo**

Este tipo de estructura tiene un grado de desorden elevado, así como de defectos estructurales.

Su fabricación es la menos costosa, lo que conlleva a que su rendimiento también sea el peor de los tres. Por este motivo, podemos encontrar aplicaciones en dispositivos muy pequeños, como pueden ser calculadoras solares o paneles portátiles de tamaño reducido.



*(Fuente: Jardín Solar)*



**Según la potencia eléctrica que son capaces de generar**

Pequeños: Entre 5-50 W

Medianos: Entre 50-100 W

Grandes: Entre 100 y 250 W

**Según la tensión de funcionamiento (número de células asociadas)**

36 células

72 células

## 1.4 ELEMENTOS DE CONSUMO

La tabla que se muestra a continuación representa los consumos de la casa en estudio. No hemos diferenciado en las estaciones del año ya que la frecuencia con la que se acude y el uso que se le da a los electrodomésticos son los mismos prácticamente durante todo el año.

Dentro de los electrodomésticos de más consumo tenemos la nevera y el microondas. Hemos de añadir que las luces son bombillas led de bajo consumo.

Electrodoméstico	Potencia(W)	Uso por día (h)	Cantidad	Consumo por día (Wh)
TV 21"	100	4	1	400
Luces	15	6,5	12	1150
Nevera de bajo consumo	45	16	1	720
Microondas	700	1	1	700
Ordenador portátil	200	1	1	200
Equipo de música	70	2	1	140
TOTAL				3310

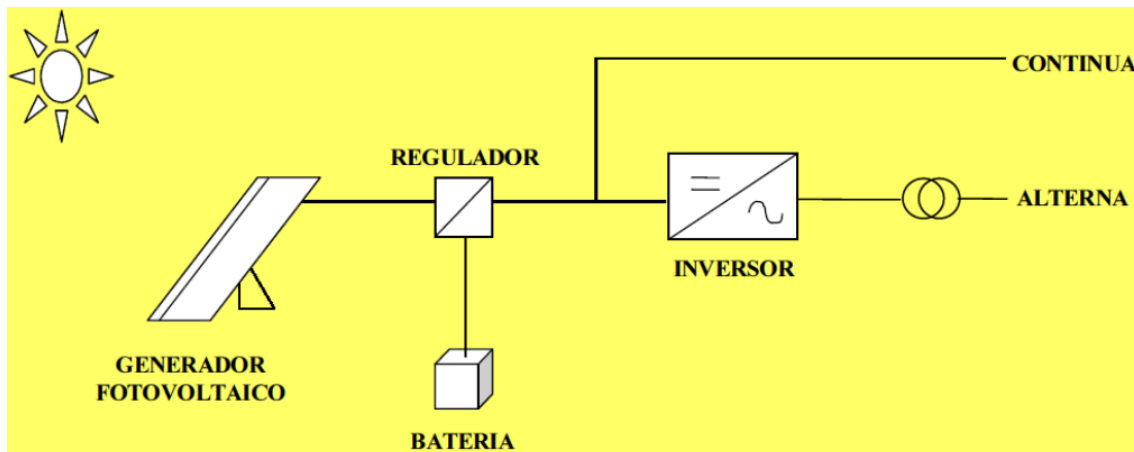
Tabla 1: Elementos de consumo de la vivienda

Tenemos un consumo diario aproximado de 3310 Wh/día, hemos obtenido este resultado a partir del consumo medio de cada día en la vivienda.

Debido a la demanda energética planteamos así, como hemos comentado anteriormente la instalación de un sistema autónomo.

## 1.5 INSTALACION FOTOVOLTAICA.PARTES.

La instalación fotovoltaica está formada por una serie de elementos que unidos permiten desarrollar el fin de la misma.



(Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología Energética, curso 2016/17)

### Generador fotovoltaico

La función principal del generador fotovoltaico es captar la energía proveniente del sol. Este dispositivo es el encargado de asegurar la duración de los acumuladores durante la carga y descarga de los mismos.

Sirve principalmente para preservar los acumuladores ante un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso. Otra función muy importante es que evita la descarga hacia placas en horas de radiación baja o nula.

### Regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo necesario en la instalación solar ya que se encarga de controlar la entrada a las baterías de la energía generada en los paneles solares. El regulador permite, por un lado, alargar la vida de la batería y por el otro, obtener información y parámetros del funcionamiento de la instalación. Permite alargar la vida de las baterías ya que permite el paso de la electricidad según el estado en que se encuentre la batería en cada momento. Por ejemplo, cuando esta esté a un nivel de carga inferior al 95%, permitirá el paso libre de toda la electricidad con el objetivo de cargarla cuanto antes posible. Mientras que, si se encuentra en un porcentaje de carga del 95 al 99%, permitirá el paso de forma muy controlada que es lo que llamamos carga de flotación, con el fin de llenar al máximo la batería. Por otra parte, si la batería se

encuentra completamente cargada, cortará el paso de corriente para evitar sobrecargas o un sobrecalentamiento del acumulador. Gracias a realizar la carga de esta forma, se evitan problemas en las baterías solares y se alarga al máximo sus años de vida.

Existen 2 tipos de reguladores de carga, el PWM o convencional, y el MPPT o maximizador. El uso de uno u otro dependerá del tipo de placa solar que utilicemos. Si se tratan de placas solares de 36 o 72 células (paneles de hasta 200W) será suficiente usar un regulador PWM ya que estas placas tienen un voltaje en el punto de máxima potencia alto. Mientras que si usamos placas de 60 células (paneles de potencia superior a 200W) será de uso obligatorio el regulador MPPT, ya que esta placa tiene un voltaje menor pues priorizan el amperaje en lugar del voltaje, con lo cual será necesario siempre un regulador MPPT el cual modula el voltaje del panel y lo adapta a las características de las baterías conectadas.

En este proyecto se usará el regulador de carga MPPT como veremos más adelante.

### **Inversor**

Es, sin duda, uno de los elementos más importantes en los sistemas fotovoltaicos. Su función principal es la transformación de la corriente continua (en el rango de 12 a 48 V) en alterna (generalmente 230 V) para alimentar el sistema (o introducirla en la red, que no es nuestro caso) con el que trabaja.

En el mercado podemos encontrar una gran cantidad de inversores, siendo los más comunes para instalaciones aisladas los de hasta 5000 W.

### **Batería**

La principal función del acumulador (batería) es almacenar la energía para que en días donde no dispongamos de radiación solar suficiente o debido a la meteorología podamos gozar de un suministro garantizado.

Como sucede en el caso de los inversores, la elección de las baterías dependerá de la instalación que tengamos, siendo muy comunes las baterías de vasos de 2V que tendremos que asociar la serie-paralelo para conseguir el suministro requerido establecido.

### **Cableado y protecciones**

Cuando, tras pasar por el inversor, la tensión de salida es de 230V es obligatorio instalar una serie de dispositivos de protección que sean capaces de proteger al usuario y a la instalación en caso de algún defecto.

En España, estamos sujetos al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), que recoge todas las normas y condiciones técnicas con la finalidad de proteger a las

personas y a la instalación, asegurar el normal funcionamiento de la instalación y contribuir a la fiabilidad y eficiencia económica de la misma.

En primer lugar, hay que distinguir los tipos de contactos a los que puede estar sometida una persona. Por un lado, están los contactos directos, que se produce cuando una persona está en contacto con una parte de la instalación que siempre está bajo tensión. Un contacto indirecto, por el contrario, se produce cuando una persona se pone en contacto con una parte de la instalación que en condiciones normales no está bajo tensión pero que por algún fallo de aislamiento está sometido a tensión.

### **Dispositivos de protección**

La seguridad es muy importante en todos los proyectos, ya sean a pequeña o a gran escala, y más si se trata de instalaciones eléctricas.

Cuando hablamos de seguridad, nos referimos a la integridad física de las personas y a las infraestructuras e instalaciones que circulen o en las que se halle la instalación eléctrica en cuestión. Además de esto, nos referimos también a la integridad de la instalación y de cada uno de sus componentes, un aspecto fundamental para garantizar una seguridad plena e integral.

Así, para que una instalación sea segura, debe contar con las protecciones oportunas que salvaguarden la integridad de las personas, entornos, bienes y componentes eléctricos.

Estas protecciones pueden ser de muchos tipos, pero básicamente están representadas por los siguientes dispositivos:

#### **Toma a tierra**

La misión principal de las tomas de tierra es evitar que se produzcan derivaciones de corriente no deseadas hacia elementos que estén en contacto directo con el entorno, para evitar descargas indeseadas a causa de fallos en otros sistemas de aislamiento. Son protecciones eléctricas destinadas principalmente a evitar electrocuciones, y consisten básicamente en la puesta a tierra de todas las masas metálicas de las que consta una instalación mediante varios elementos conductores y una toma (una placa o una barra, generalmente), que disipa la corriente en el terreno.

#### **Interruptores**

Son los componentes que presentan una mayor variedad. La mayoría de ellos persiguen el objetivo de evitar electrocuciones, como las tomas de tierra, pero también cortocircuitos, sobrecargas, y daños en el circuito eléctrico y/o en sus componentes. En cualquier tipo de instalación (pero sobre todo en entornos adversos), el uso de ciertos tipos de interruptores y relés es más que recomendable, cuando no obligado por ley.



Entre otros, los interruptores de protección más utilizados en instalaciones eléctricas son:

- **Interruptores magnetotérmicos** (o pequeños interruptores automáticos, PIA), destinados a proteger la instalación de sobrecargas y cortocircuitos.
- **Interruptores diferenciales**, que «saltan» o cierran el paso de corriente eléctrica cuando alguna de las fases del circuito eléctrico se deriva a tierra. Cumplen la misión de evitar, principalmente, electrocuciones y daños en la instalación eléctrica.

### Otros protectores y aislantes

Aquí entran todos los elementos con una conductividad eléctrica casi nula (goma, plásticos...), que protegen los distintos componentes eléctricos de las instalaciones y los aíslan de su entorno más inmediato, protegiéndolos del efecto de agentes externos, de golpes e impactos, y evitando que se pueda entrar en contacto directo con ellos.

Armarios precableados de alta resistencia, tomas de corriente, clavijas, interruptores y bases de enchufe estancas, componentes protegidos contra polvo, agua y humedades con un alto nivel de protección.

Recordamos que el nivel de protección de componentes eléctricos, estandarizados por distintas normativas europeas, se reconoce mediante el uso de códigos IP y códigos IK:

- **Los códigos IP**, representados por dos cifras: la primera del 0 al 6, estipula el nivel de protección del componente ante el efecto de agentes como el polvo o la humedad; la segunda, del 0 al 8, establece el grado de protección del componente frente al agua.
- **Los códigos IK**, también con dos cifras (00 a 10), identifica el grado de protección de los componentes eléctricos frente a golpes e impactos.

## 1.6 DISEÑO Y CALCULOS DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA

Una vez justificado el protocolo a seguir, vamos a pasar al cálculo de los parámetros técnicos que nos permitirán elegir la mejor opción para nuestra instalación. En primer lugar, vamos a realizar un estudio de las condiciones climáticas en las que se encuentra la casa en estudio. Analizando detalladamente estos datos procederemos a calcular los parámetros y una vez obtenidos estos, nos iremos a catálogos de fabricantes donde elegiremos la mejor opción que se adapte a nuestras necesidades.

### 1.6.1 TENSION DE TRABAJO

Con el objetivo de evitar que se den corrientes muy elevadas y usar así cables de una sección muy elevada vamos a elegir una tensión de trabajo de 24V.

### 1.6.2 MODULOS FOTOVOLTAICOS

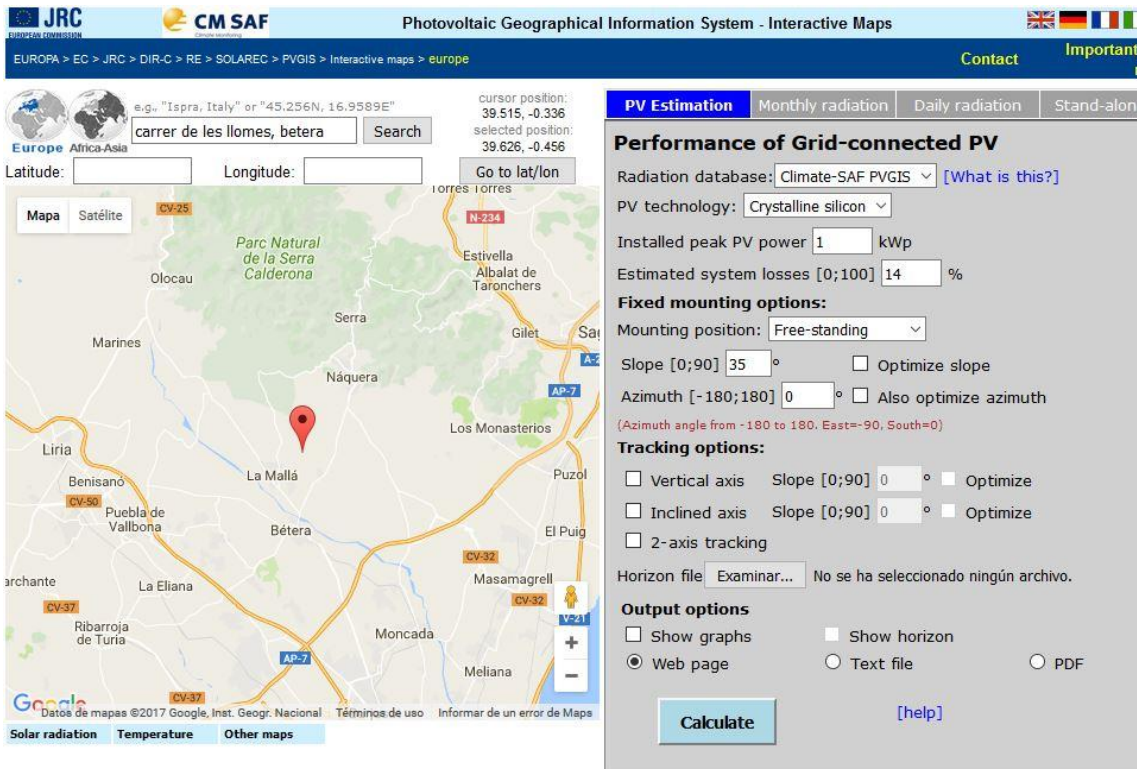
Para calcular el número de módulos fotovoltaicos vamos a partir de los cálculos de consumo realizados en el apartado 1.5, donde obtuvimos un consumo diario estimado (Cde) de 3310 Wh/día.

Como ya sabemos, una instalación perfecta no existe, por tanto, para calcular la energía total necesaria para satisfacer nuestra demanda se calculará en función del rendimiento de la instalación, suponiendo este en un 75% (valor común en instalaciones).

$$\text{Total de energía necesaria (Ten)} = Cde / 0,75 = 3310/0.75=4413.33 \text{ Wh/día}$$

Pasamos ahora a calcular la radiación solar incidente, que será necesaria para saber la situación más desfavorable de irradiación.

Para ello, usamos una herramienta online de software libre denominado PVGIS Climate, donde colocando nuestras coordenadas geográficas del lugar obtenemos los siguientes datos.



Una vez colocados los datos, le damos a la opción *calculate* y obtenemos una tabla con todos los valores. (La tabla se ha pasado a Excel con todos los datos para trabajar de una forma más cómoda y sencilla, en el anexo se colocará la imagen original)

Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Enero	3,22	99,7	4,07	126
Febrero	3,86	108	4,94	138
Marzo	4,61	143	6,03	187
Abril	4,67	140	6,24	187
Mayo	4,82	149	6,53	202
Junio	5,05	152	6,94	208
Julio	5,13	159	7,13	221
Agosto	4,84	150	6,73	209
Septiembre	4,41	132	6,03	181
Octubre	3,93	122	5,28	164
Noviembre	3,34	100	4,33	130
Diciembre	2,91	90,2	3,68	114
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	4,23	129	5,66	172
<b>TOTAL POR AÑO</b>		1550		2070

Tabla 2:Radiación solar incidente mensual

Ed: Producción media diaria de electricidad del sistema (KW)

Em: Producción media mensual de la electricidad del sistema (KWh)

Hd: Promedio de la suma diaria de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (KWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Promedio de la suma mensual de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (KWh/m<sup>2</sup>)

Analizando los datos podemos observar, tal y como está marcado en rojo que diciembre es el mes más desfavorable con una irradiación de 3.68 Kwh.m<sup>2</sup>/día, por tanto dimensionaremos a partir de este dato.

Para dimensionar, en primer lugar es necesario que calculemos las horas de sol pico (HSP). Conocida la radiación solar incidente, la dividimos entre la radiación solar incidente que utilizamos para calibrar los módulos que es 1KW/m<sup>2</sup>.

$$HSP = \text{radiación solar tablas} / 1kW/m^2 = 3.68 HSP$$

Una vez conocido el dato de las HSP pasaremos a calcular el número de placas.

Para ello, vamos a coger módulos de 150W. El número de módulos se calcula a partir de:

$$\text{Numero de módulos} = (3 * \text{energía necesaria}) / (\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * 7 * \text{potencia pico del módulo})$$

$$N = (3 * 4413.33) / (3.68 * 0.8 * 7 * 250) = 2.5699$$

Por tanto, necesitamos 3 placas solares de 250W que tendremos que instalar en paralelo.

Buscando en catálogos de fabricante hemos elegido la placa ECO LINE P60/230-250 de la marca Luxor. (Catálogo con especificaciones en el anexo).

### 1.6.3 BATERIAS

En primer lugar, tenemos que calcular la capacidad de los acumuladores de las baterías.

Para ello, hay que destacar que como el uso de la vivienda normalmente son los fines de semana, queremos una capacidad acumuladora de 3 días, lo que viene a ser el viernes, sábado y domingo.

Hemos cogido una profundidad de descarga de 0.7 pues es un valor usual en las baterías que se encuentran en el mercado hoy en día.

$$\text{Capacidad de acumulación} = (4413.33 * 3) / (24 * 0.7) = 788 Ah (c100)$$

Con este datos nos metiéndonos en catálogos de proveedores del sector se ha escogido una batería de 1000 Ah

Por tanto, es recomendable elegir un módulo de baterías de 1000 Ah aproximadamente. Buscando en catálogos elegimos la batería solar TAB 24V 1137 Ah TOPzS875. (Catálogo y especificaciones en el anexo)

Cabe resaltar que el valor c100 indica que la capacidad de la batería será la suministrada por ciclos de carga de 100 h, que es la frecuencia de carga normalmente establecida en electrificación rural.

Al suponer un consumo de 3 días (fin de semana) tal y como hemos comentado anteriormente la batería nos ha de asegurar un suministro tanto diurno como nocturno, y con la batería elegida cubrimos esta demanda.

A la salida de la batería es recomendable colocar un fusible como elemento de protección para que nos proteja contra posibles defectos en la instalación, ya que en el tramo batería-inversor es el tramo donde circula mayor cantidad de corriente.

## 1.6.4 INVERSOR

La potencia del convertidor de CC/AC la tendremos que elegir en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicado por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos. (Normalmente valores que van de 0,5-0,7). En nuestro caso la potencia total estimada es de:

$$\text{Potencia total} = 795 * 0.7 = 556.5W$$

Mirando en catálogos del fabricante a priori surge la necesidad de coger un inversor de 1 KW para cubrir con la demanda, pero elegiremos un inversor de 1.2-1.3 KW sabiendo que nos asegura un pico de potencia de 3KW que es importante en el proceso de arranque en aparatos electrodomésticos (nevera, por ejemplo).

Elegimos el inversor Phoenix C24/1600 de la marca Victron Energy (Catálogo con especificaciones en anexo).

A la salida del inversor conectaremos un diferencial magnetotermico como protección contra sobretensiones (sobrecargas y cortocircuitos).

## 1.6.5 REGULADOR DE CARGA

Es importante en primer lugar conocer los dos tipos de reguladores de carga que existen actualmente en el mercado: Los de tipo PWM y MPPT

Vamos a elegir un regulador de carga del tipo MPPT (Maximum Power Point Tracking). El MPPT se encarga de trabajar en la entrada de los módulos fotovoltaicos a la tensión que más conviene (para sacar la máxima potencia o para limitar la potencia en fases de “absorción” y “flotación”).

Para calcular el tipo de regulador necesario en nuestra instalación hemos de fijarnos en la corriente nominal de los paneles elegidos para nuestra instalación.

Fijándonos en la hoja de características de los paneles ECO LINE P60/230-250 la corriente nominal es de 7.93 A y como disponemos de 3 paneles nos sale una corriente total de 23.79 A.

Yendo a catálogos de fabricantes encontramos el regulador CX series (10-40 A) de la marca Phocos. (Catálogo en el anexo)

## 1.6.6 CABLEADO

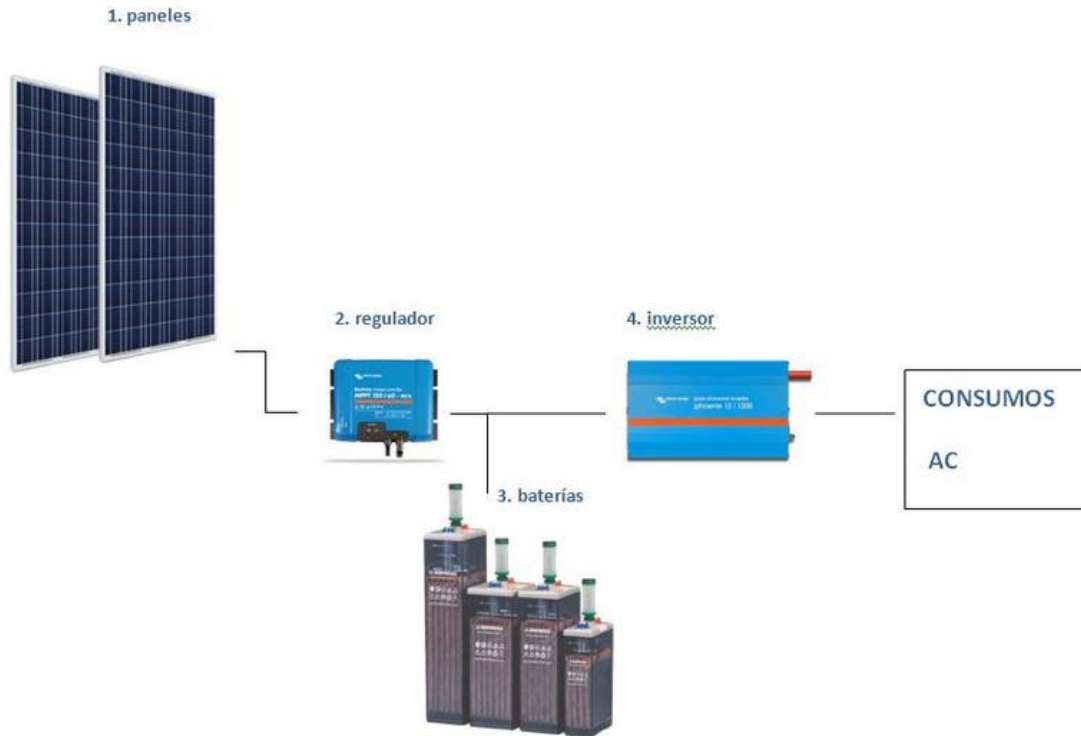
El objetivo de este proyecto, como se ha comentado anteriormente es la mejora de un techo con paneles integrados. Por tanto, calcularemos el cableado únicamente de la instalación solar fotovoltaica, el cableado interior de la casa no es objeto de estudio en este trabajo.

Partiendo de este inciso, es conveniente resaltar que el cableado es una de las partes más críticas dentro de nuestra instalación. Una mala elección de la sección puede hacer que ocurran accidentes de diferente índole, llegando a causar incendios en casos extremos.

Como consecuencia de la baja tensión a la que se trabaja en continua (12, 24,48 V) la intensidad de corriente aumenta, lo que hace que las pérdidas aumenten también.

Los conductores que necesitaremos tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y evitar importantes calentamientos.

Para calcular las secciones hay que ir tramo a tramo, que podemos observar en el siguiente esquema.



(Fuente: <http://tecnosolab.com>)

Antes de pasar a los cálculos se ha de justificar que para el cálculo de las secciones hemos consultado la Norma UNE 20.460-5-523.

En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables.

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
<b>A</b>		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
<b>A2</b>		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
<b>B</b>		Conductores aislados en tubos <sup>1)</sup> en montaje superficial o empotrados en obras				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
<b>B2</b>		Cables multiconductores en tubos <sup>1)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
<b>C</b>		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>1)</sup>				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
<b>E</b>		Cables multiconductores al aire libre <sup>2)</sup> Distancia a la pared no inferior a 0.3D <sup>5)</sup>					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
<b>F</b>		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>3)</sup> Distancia a la pared no inferior a D <sup>5)</sup>					3x PVC				3x XLPE o EPR <sup>4)</sup>		
<b>G</b>		Cables unipolares separados mínimo D <sup>5)</sup>								3x PVC <sup>4)</sup>		3x XLPE o EPR	
<b>Cobre</b>	mm <sup>2</sup>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206	-
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250	-
	70				149	160	171	188	202	224	244	321	-
	95				180	194	207	230	245	271	296	391	-
120				208	225	240	267	284	314	348	455	-	
150				236	260	278	310	338	363	404	525	-	
185				268	297	317	354	386	415	464	601	-	
240				315	350	374	419	455	490	552	711	-	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	-	

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

(Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología eléctrica. Curso 2016/2017)

Para el cálculo de la sección de cable necesaria existen dos criterios:

### Criterio de caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización.

Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT) en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.



### Criterio térmico o de calentamiento

Cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento del mismo (conocido como efecto Joule) aumentando su temperatura hasta que se llega al equilibrio térmico cuando todo el calor producido es cedido al exterior. Para mantener la temperatura de equilibrio térmico debe mantenerse el flujo de corriente en un valor determinado que cada fabricante de conductores tabula como corrientes admisibles según las secciones de los conductores.

Este criterio supone que la sección del cable soporte la corriente de diseño que va a pasar por él y será en principio la que determine la sección del conductor. El valor eficaz de la intensidad no tiene que ocasionar en ningún momento un incremento de la temperatura superior a la especificada para cada tipo de cable.

Conocidos ambos tipos de criterios vamos a pasar al cálculo de las secciones correspondientes a la instalación mediante el método de caída de tensión, ya que este es más restrictivo.

Hemos de añadir que las secciones que se presentan a continuación al haber sido calculadas mediante el método de caída de tensión cumplen las condiciones del criterio térmico holgadamente.

### Tramo 1: Paneles-regulador de carga

Los paneles solares generan corriente continua, por tanto, la intensidad depende del número de paneles que tengamos (en nuestro caso 3).

Este tipo de cables se encuentran a la intemperie, por lo que usaremos cables resistentes a la degradación de la luz. Otro aspecto a tener en cuenta en este tramo es la temperatura mayor que alcanza el cable. Por estas razones, suponemos en este tramo una caída de tensión del 3%.

La fórmula general para el cálculo de la sección de un cable de corriente continua es:

$$S=2*L*I*Y/(VA-VB)=2*L*I/56*(VA-VB)$$

Siendo:

L=Longitud de la conducción(m)

I=Intensidad (A)

Y=Resistividad del material (Ohm.m)

(VA-VB) =Caída de tensión máxima admisible(V)

En nuestro caso tenemos los siguientes datos;

L=8m

I=24\*1.25=30 A (Multiplicamos los 24 A por 1.25 para prevenir sobrecargas)

$$Y=56 \text{ Ohm.m}$$
$$(VA-VB) = 0.03 * 24 = 0.72V$$

Realizando los cálculos;

$$S = 2 * 8 * 30 / 56 * 0.72 = 11.90 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Mirando en tablas cogemos la sección inmediatamente superior de } 16 \text{ mm}^2.$$

Como podemos observar, nos sale una sección de  $16 \text{ mm}^2$ , ya que los paneles solares se conectan en paralelo, y por tanto la intensidad de los tres se suma.

Si por el contrario hubiéramos conectado los paneles en serie (por ejemplo) hubiéramos conseguido una sección tres veces menor que la calculada.

Con la sección de  $16 \text{ mm}^2$  y sabiendo que el cable que vamos a utilizar es del tipo B (Conductores aislados en tubos, en montaje superficial o empotrados en obra) nos metemos con la sección y obtenemos una intensidad máxima admisible de 80 A lo que cumple con creces los esfuerzos a los que estará sometido el conductor.

### Tramo 2: Regulador-Batería

La corriente transportada sigue siendo continua en este caso, al no estar sometida a esfuerzos térmicos muy grandes (como los paneles solares), utilizaremos una caída de tensión del 1%.

Al ser un cable de corriente continua nuevamente calculamos la sección con la fórmula del apartado anterior.

$$L=3\text{m}$$
$$I=24*1.25=30 \text{ A (Multiplicamos los 24 A por 1.25 para prevenir sobrecargas)}$$
$$Y=56 \text{ Ohm.m}$$
$$(VA-VB) = 0.01 * 24 = 0.24V$$

$$S = 2 * L * Y / 56 (VA-VB) = 2 * 3 * 30 / 56 * 0.24 = 13.39 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mm}^2.$$

Al igual que en el tramo 1, entramos con la sección de  $16 \text{ mm}^2$  y obtenemos una intensidad máxima admisible de 80 A, que supera con creces las necesidades de nuestra instalación.

### Tramo 3: Batería-Inversor

Este tramo es muy importante, ya que es el que mayor densidad de corriente transporta y con ello, tendrá una mayor sección. Por dicha razón será importante y se recomienda ponerlo lo más cerca posible de las baterías. Utilizaremos una caída de tensión del 3%.

La intensidad la calculamos según:

$$I_c = S_{inversor} / U_{nominal} * \eta_{inversor}$$

$$I_c = 1600 * 1.25 / 24 * 0.94 = 88.652 \text{ A}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$I = 88.652$$

$$Y = 56 \text{ Ohm.m}$$

$$(V_A - V_B) = 0.03 * 24 = 0.72 \text{ V}$$

$$S = 2 * 2 * 88.652 / 56 * 0.72 = 8.79 \text{ mm}^2 \rightarrow 10 \text{ mm}^2.$$

Entrando con la sección de 10 mm<sup>2</sup> obtenemos una intensidad máxima admisible de 60 A que nuevamente cumple de sobra con las necesidades de nuestra instalación.

#### Tramo 4: Inversor- consumos

La corriente en este tramo, tras pasar por el inversor es alterna, utilizaremos una caída de tensión del 3%.

$$I_c = S_{inversor} / U_{nominal} = 1600 * 1.25 / 230 = 8.69 \text{ A}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$I = 8.69 \text{ A}$$

$$Y = 56 \text{ Ohm.m}$$

$$(V_A - V_B) = 0.03 * 24 = 0.72 \text{ V}$$

$$S = 2 * 5 * 8.69 / 56 * 0.72 = 2.16 \rightarrow 2.5 \text{ mm}^2.$$

Al tener una tensión de 230 V, intensidad disminuye considerablemente y como consecuencia de ello la sección del cable también.

Entrando con los 2.5 mm<sup>2</sup> obtenemos una intensidad máxima admisible de 25 A, que supera con creces la intensidad de 8.69 A calculada anteriormente.

Conocidas ya todas las secciones de cada uno de los tramos de nuestra instalación pasamos a buscar catálogos de fabricantes.

Hemos elegido como proveedor al fabricante de cables RCT, mirando en sus hojas de catálogo las diferentes secciones que necesitamos para nuestra instalación.

(Catálogo en el anexo).

## 1.6.7 PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra (PAT) es una unión directa, sin fusibles ni protección alguna de una o varias partes del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma a tierra con uno o varios electrodos enterrados en el suelo. Para elegir la instalación de puesta a tierra correcta es necesario cumplir una serie de requisitos que vienen dados por el reglamento eléctrico de baja tensión (REBT).

-El valor de la resistencia de PAT este conforme con las normas de protección y funcionamiento de la instalación y se mantenga a lo largo del tiempo.

-Las corrientes de defecto y las de fuga puedan circular sin peligro, desde el punto de vista de las sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

-La protección mecánica queda asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.

-Que se contemplen los posibles riesgos a causa de la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas de la instalación.

Para continuar con el dimensionado de nuestra instalación de puesta a tierra necesitamos saber la resistividad del terreno, que dependerá de la zona donde se construya la vivienda. Así, este parámetro lo consideraremos variable y se calculará in situ al momento de construir la vivienda.

Para calcular la resistencia máxima hemos de tener en cuenta la intensidad de defecto que en nuestro caso es de 30 mA, ya que el diferencial de la vivienda tiene este valor. Como nos encontramos en Valencia, donde abundan los lugares húmedos por tanto tomaremos como tensión de referencia 24V obteniendo una resistencia máxima de:

$$R_{Máx} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0.03} = 800 \Omega$$

Para calcular la resistencia máxima, como hemos comentado anteriormente necesitaremos conocer el tipo de terreno, por lo que no podemos dar un valor exacto de la resistencia.

La persona encargada de la instalación será el encargado de medir y calcular este parámetro y a partir de ahí elegir el tipo de pica y la forma de conexión entre ellas.

Conocida la resistencia del terreno calculada como hemos comentado anteriormente hemos de cumplir que  $R_{\text{terreno}} < R_{Máx}$

Hemos de añadir que la puesta a tierra calculada anteriormente será una puesta a tierra compartida con los elementos de consumo de la vivienda.

## 1.6.8 PROTECCIONES

Como hemos comentado anteriormente, en nuestro circuito eléctrico necesitaremos para el lado de corriente continua un fusible(a la salida de la batería) y en la parte de alterna dos dispositivos de protección; un interruptor diferencial y un magnetotérmico.

### Fusible

La misión fundamental del fusible es proteger a nuestra instalación de posibles cortocircuitos interrumpiendo(al quemarse) un exceso de corriente producido por el elemento a proteger.

Para el caso de nuestra instalación, como la intensidad de mayor valor circula a la salida de la batería es necesario colocarlo en esta zona tal y como hemos indicado en el diagrama unifilar de la instalación.

Hemos elegido un fusible de 50 A que nos asegura la actuación antes que la instalación se deteriore.

El modelo elegido es un df Electric 50 A 690V. (Catálogo en el anexo).

### Interruptor diferencial

El objetivo fundamental de un interruptor diferencial es proteger a las personas contra contactos directos e indirectos provocados por partes activas de la instalación o contra elementos sometidos a tensión debido a un fallo en la instalación.

Hemos de resaltar que se coloca en la parte donde circule corriente alterna, en este caso a la salida del inversor antes de los consumos.

Bastará con elegir un interruptor diferencial de 40 A para que nos proteja de forma correcta.

Mirando en catálogos elegimos el interruptor diferencial CHINT 40 A Alta Sensibilidad (catálogo en el anexo).

### Interruptor magnetotérmico

El objetivo principal para el que se colocan interruptores magnetotérmicos es para interrumpir la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa aun cierto valor.

Su funcionamiento se basa en dos efectos producidos por la circulación de corriente por el circuito: e l térmico y el magnético.

Para nuestro circuito en concreto elegiremos un diferencial de 10 A que cumple de sobra ante un posible defecto en la instalación.

Mirando en catálogos de fabricantes elegimos el magnetotérmico de la marca Hager referencia MUN110A (Catálogo en anexo).

## 1.6.9 VENTILACIÓN

Es importante tener una buena ventilación de los elementos más delicados o que estén más sometidos a condiciones térmicas importantes.

Haremos hincapié en las baterías, cuya ventilación será muy importante debido a los productos químicos que se encuentran en las mismas.

Así, es conveniente tenerlas dentro de un recinto seco a temperatura ambiente entre 15-25 °C en áreas, cajas o encerramientos con ingreso de aire controlado para evitar la acumulación gases por la descomposición del ácido de hidrógeno que provocan deflagraciones.

Según la norma EN 50272-2 la ventilación mínima necesaria de un local para la ventilación de una batería, se calcula según la siguiente fórmula (que depende del cargador y fabricante):

$$Q = 0,05 \times n \times I_{gas} \times C_n \times 0,001 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Siendo cada término:

Q= cantidad de aire necesario (m<sup>3</sup>/h)

n= número de elementos

I<sub>gas</sub>= corriente de carga durante el proceso de gaseo

C<sub>n</sub>= capacidad de la batería

Los valores de I<sub>gas</sub> según el tipo de batería y la tecnología de carga son los siguientes:

### **Baterías abiertas (I gas)**

Curva carga IU: Limitación del voltaje a 2,4 v/c. I<sub>gas</sub>: 2A

Curva de carga IU1a: Corriente en la tercera etapa de carga. I<sub>gas</sub> máximo 6A

Curva de carga W: 25% de la corriente nominal del equipo a un voltaje de 2,6 v/c. I<sub>gas</sub> entre 5-7 A.



### **Baterías cerradas (VRLA):**

Curva de carga IU: Limitación de voltaje a 2,4 v/c. I<sub>gas</sub>: 1A

Curva de carga IU<sub>1a</sub>: Corriente en la tercera etapa de carga. I<sub>gas</sub> máximo 1,5A

Con ventilación natural (aire de convección) el área de entrada y salida se calcula como:

**A ≥ 28x Q (cm<sup>2</sup>). Velocidad del aire ≥ 0,1 m/s**

Conocidos los parámetros para calcular la ventilación de las baterías pasamos al cálculo numérico con los valores de nuestra instalación.

n=6

I<sub>gas</sub>=6 A

C<sub>n</sub>=1137 Ah

$Q = 0,05 * n * I_{gas} * C_n * 0,001 = 0,05 * 6 * 1137 * 0,001 = 2,0466 \text{ m}^3/\text{h}$

$A \geq 28 * Q \geq 28 * 2,0466 \geq 57,3048 \text{ cm}^2$ .

Por tanto, el área mínima donde colocaremos las baterías ha de ser como mínimo de 57.3048 cm<sup>2</sup>.

## 2 PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

Para la realización del proyecto, nos hemos basado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red PCT-A-REV- febrero 2009 del IDAE. (Anexo)

### Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica

## Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red

**PCT-A-REV - febrero 2009**

IDAE  
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía  
C/ Madera, 8  
E - 28004 - MADRID  
[www.idae.es](http://www.idae.es)

En el anexo podemos ver los puntos más importantes del pliego de condiciones.



### 3 PLANOS

A continuación vamos a representar los planos de nuestra cubierta integrada. Tenemos un total de cinco planos, que se describen a continuación.

#### Plano de la casa en estudio

En este plano podemos observar la distribución de la casa (habitaciones, comedor, cocina, baño y salón) mediante una vista en planta. Podemos observar también las dimensiones del techo donde colocaremos nuestra cubierta integrada.

#### Estructura del techo sin paneles

A diferencia de otros techos prefabricados, la idea de este proyecto es el diseño para la posterior industrialización del diseño integral de un techo que contenga en sí mismo al conjunto de placas solares para autoabastecer la vivienda.

Para ello, se ha modificado la estructura común del techo de una casa prefabricada añadiendo listones de madera normales a los listones principales para encajar los paneles previamente seleccionados en la fase de diseño. Así, si observamos el plano podemos ver que se han creado tres habitáculos (rectángulos) donde en la siguiente fase se colocarán los paneles solares.

Cabe resaltar que es muy importante que la medida del habitáculo sea prácticamente la misma que la placa para en la fase de sellado posterior se consiga una buena estanqueidad.

Hemos de añadir por último, tal y como se puede ver en el plano unos agujeros para introducir los cables que irán al regulador de potencia.

#### Estructura del techo con paneles

Una vez realizado el montaje de la estructura donde irán alojados los paneles pasamos a la colocación de los mismos tal y como se puede ver en el plano.

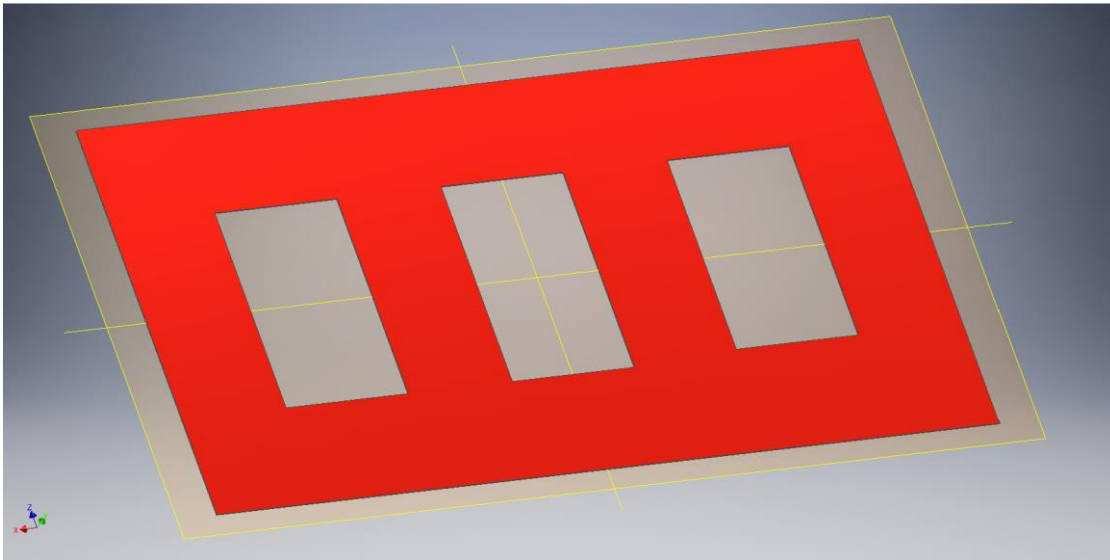
Una vez colocadas las placas con los correspondientes dispositivos de anclaje se sellará la placa con un polímero especial para evitar fugas de agua cuando llueva.

El agujero, aunque más difícil al encontrarse por debajo de las placas también se recubrirá con este producto para evitar que se acumule agua en caso de viento lateral.

### Estructura del techo completa con cubierta

Terminado ya el montaje de las placas solares así como dejar resuelto el problema de la estanqueidad, se pasa a la última fase del proceso de montaje del techo: la colocación de la cubierta.

Previamente a la colocación hemos de cortar los agujeros correspondientes a las placas solares a medida. Como sucedió en el momento de colocar los listones de madera en la fabricación de la estructura del techo, hemos de cortar la chapa perfectamente para que encaje en la superficie que ocupan los paneles. Se adjunta a continuación una imagen ilustrativa de la cubierta de chapa.



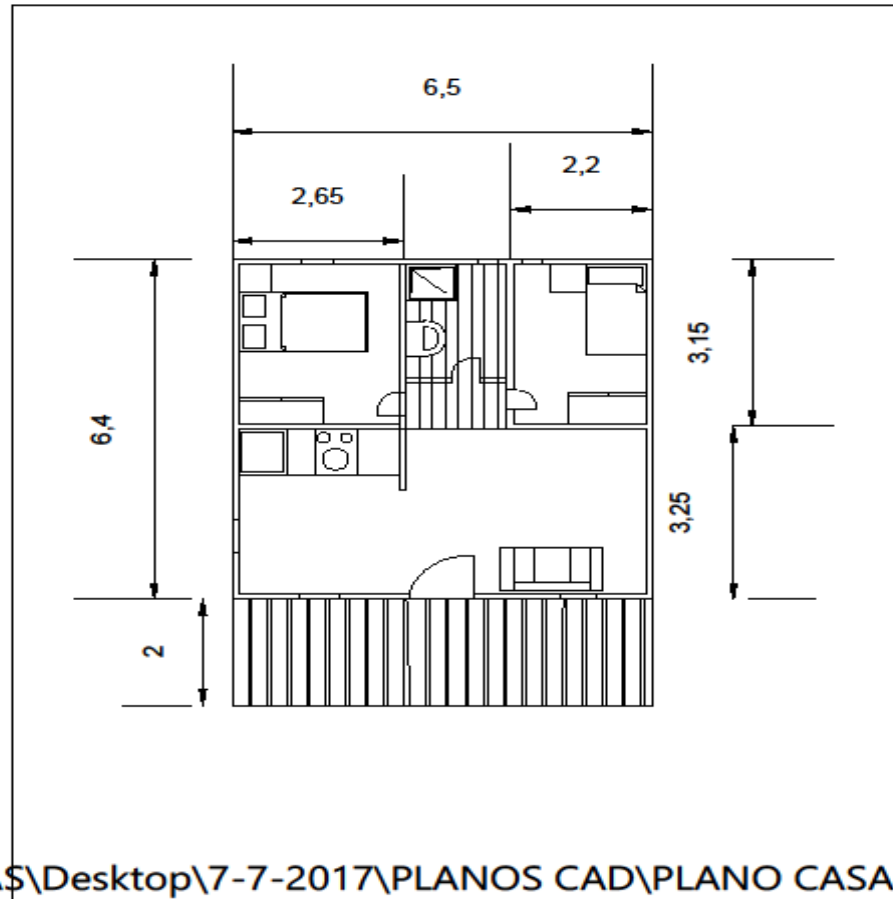
Hemos de comentar antes de pasar al diagrama unifilar que en los planos no hemos tenido en cuenta los listones laterales de chapas que se colocan en el proceso de fabricación por el simple hecho de que se pueda observar con mayor claridad la estructura de madera donde apoyan los paneles solares.

### Diagrama unifilar

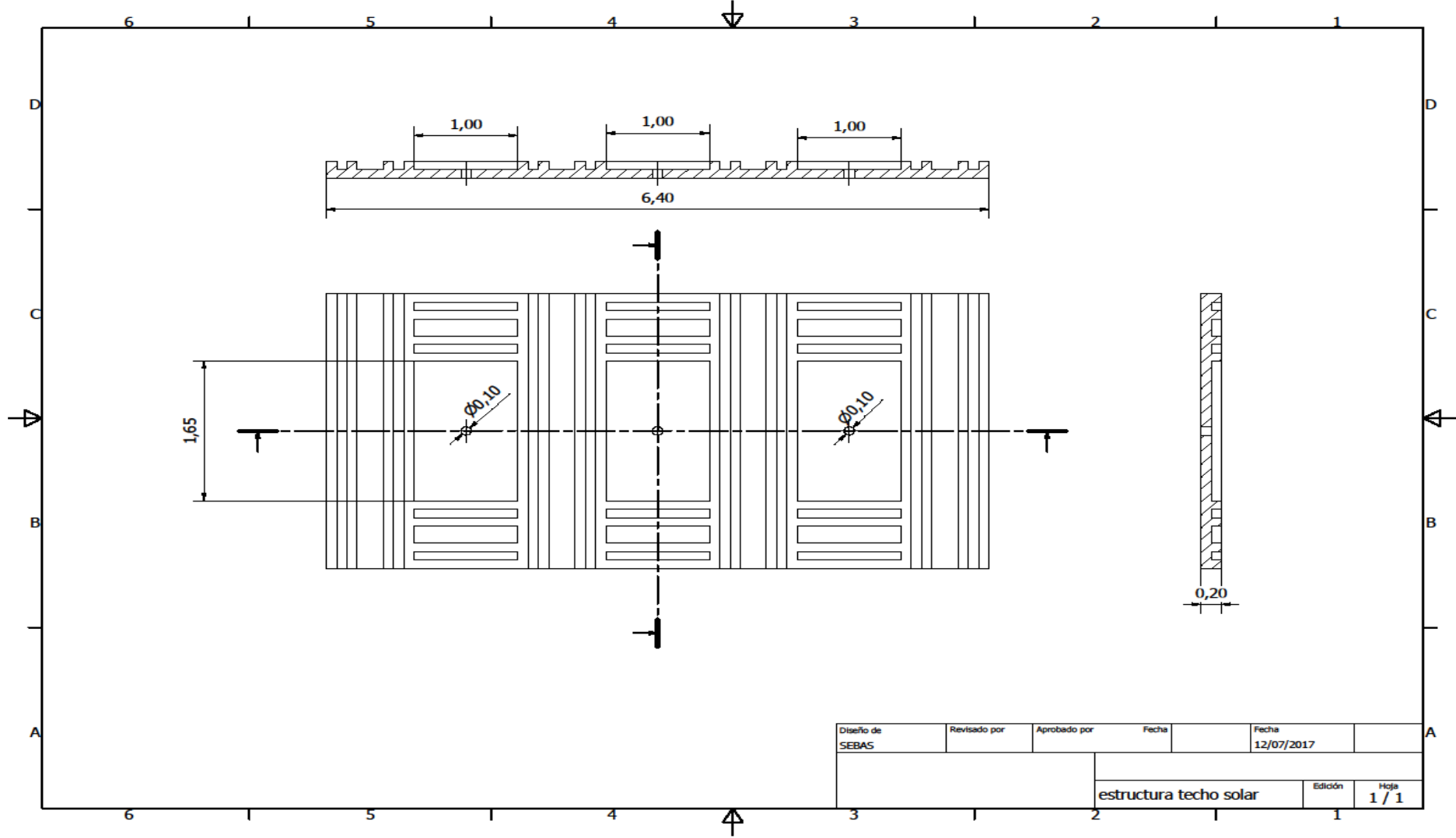
El diagrama unifilar viene a representar gráficamente los elementos de una instalación eléctrica. En nuestro proyecto, tendremos un diagrama unifilar sencillo debido a que estamos diseñando una instalación aislada y de poco consumo.

Así, como elementos principales podemos destacar los fusibles colocados a la salida de la batería y también el interruptor diferencial y el magnetotérmico que se encuentran en la parte de alterna, a la salida del inversor y antes de las cargas.

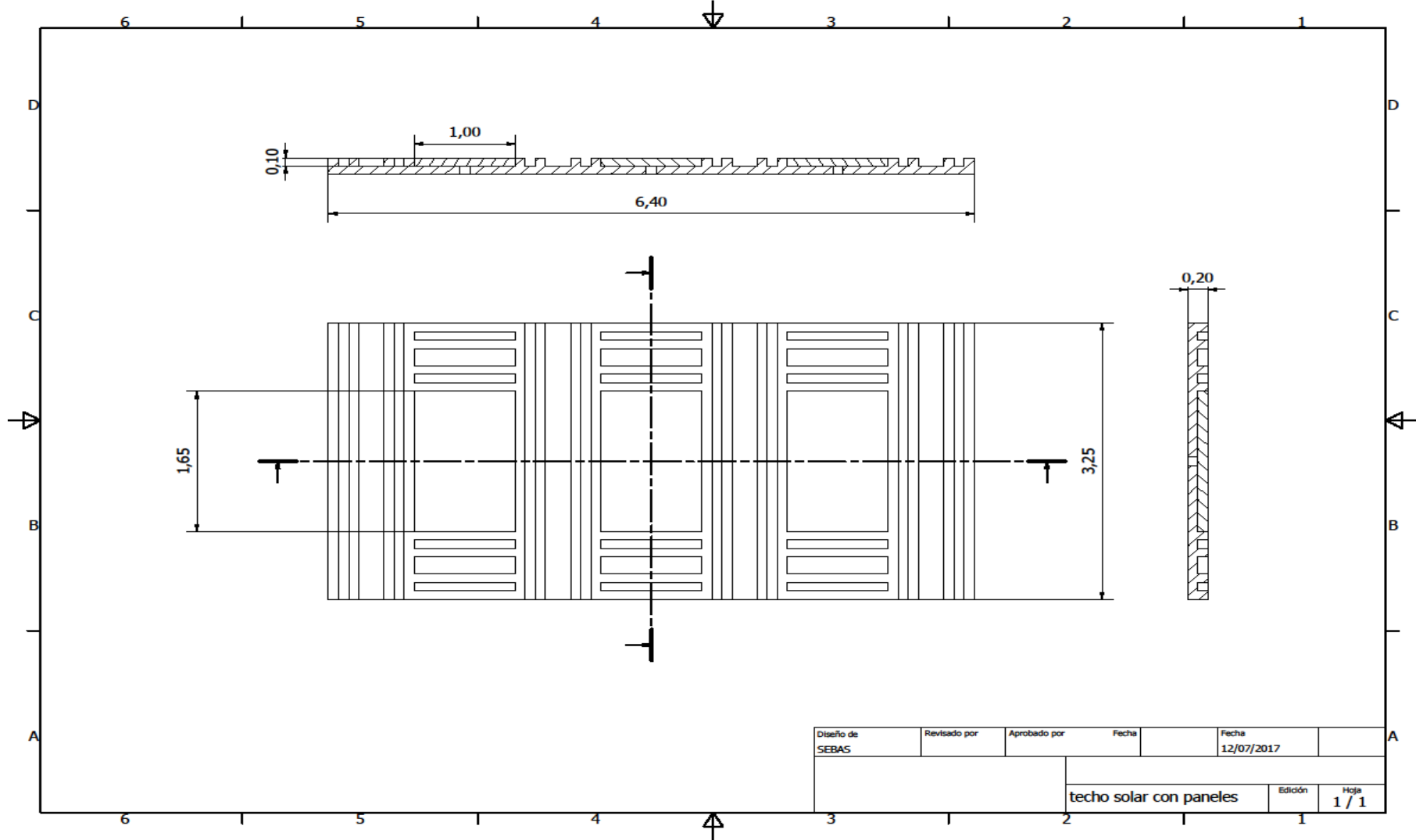
### 3.1 PLANO DE LA CASA EN ESTUDIO



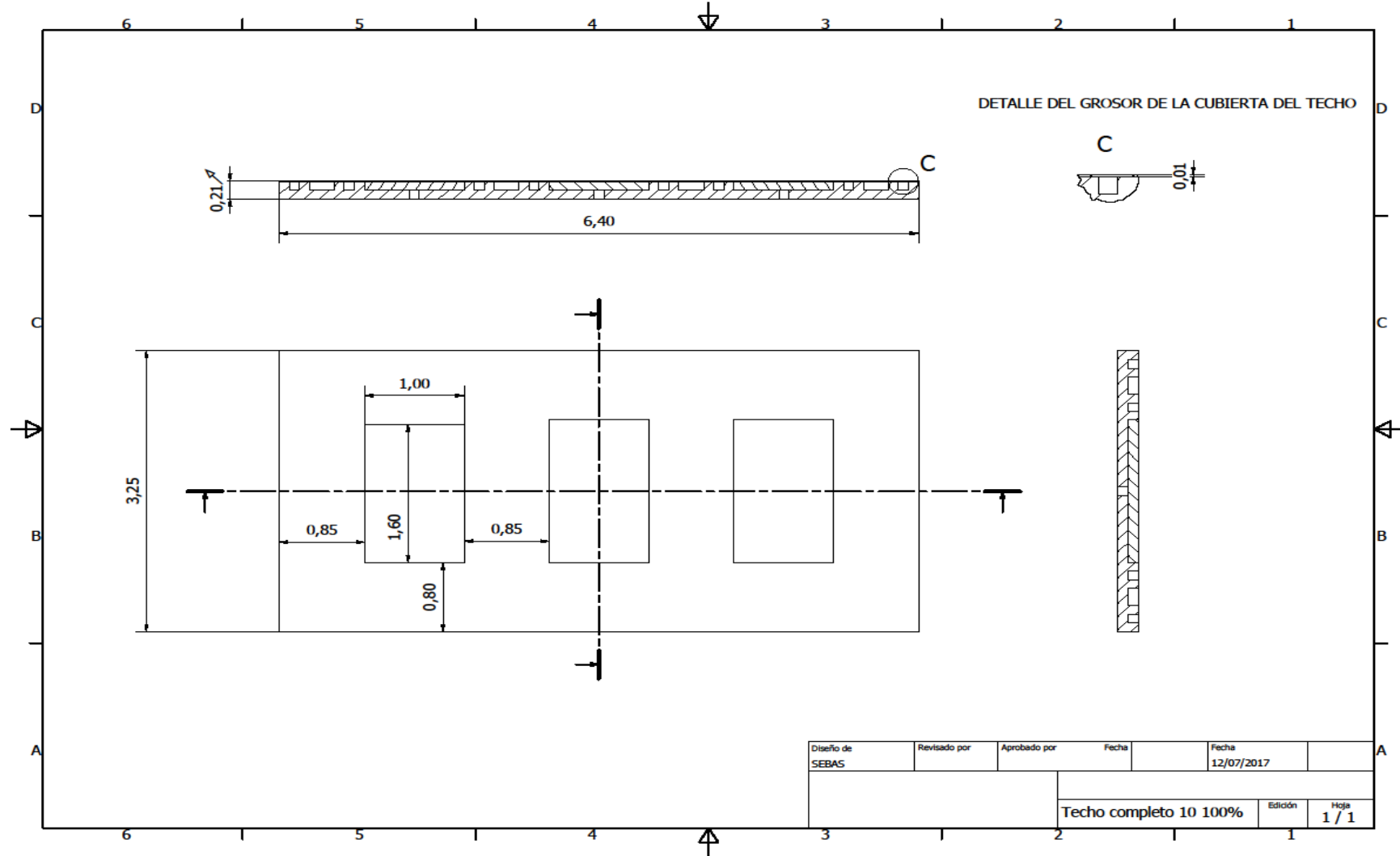
### 3.2 ESTRUCTURA DEL TECHO SIN PANELES



### 3.3 ESTRUCTURA DEL TECHO CON PANELES

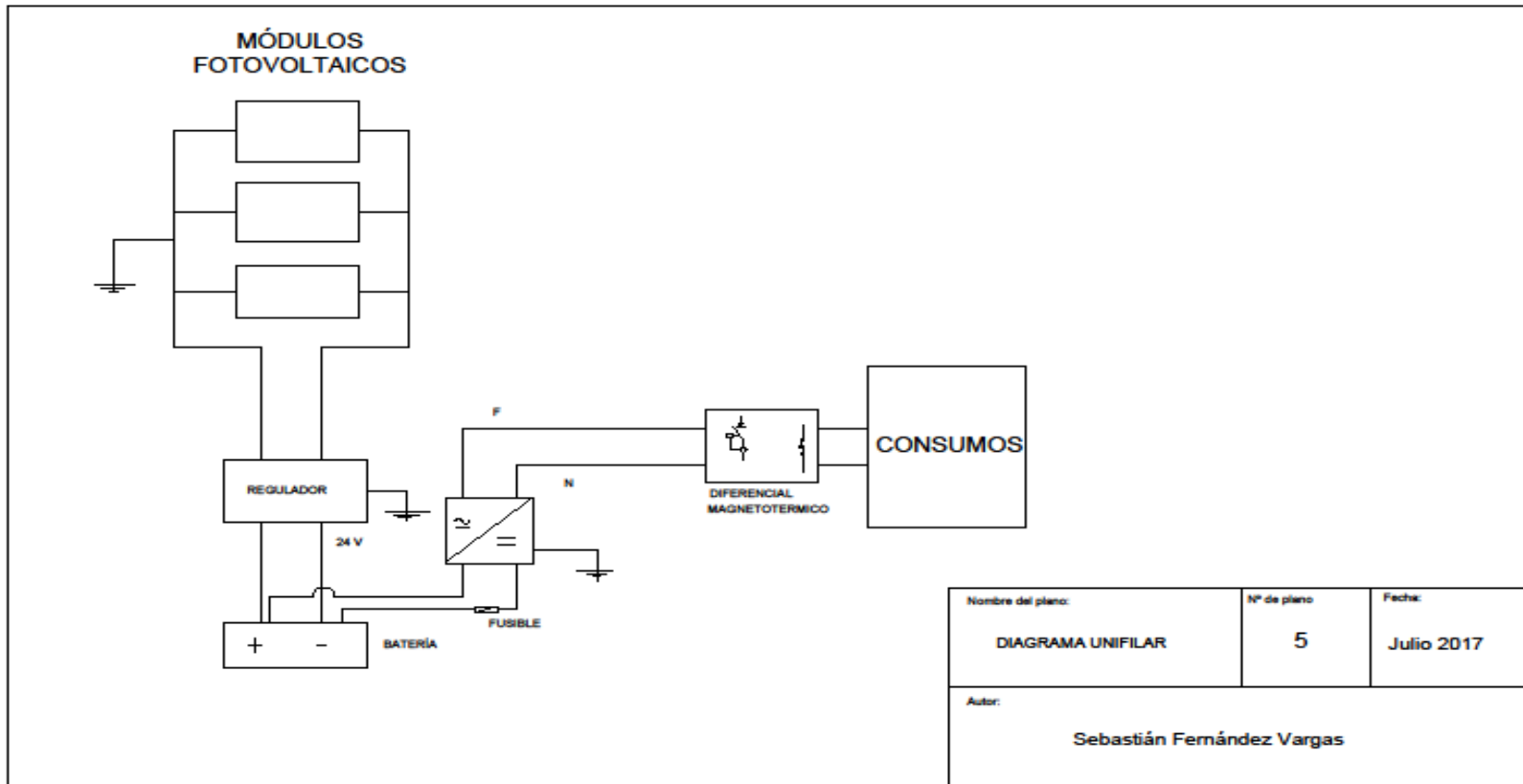


### 3.4 ESTRUCTURA DEL TECHO COMPLETO CON CUBIERTA



Diseño de SEBAS	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 12/07/2017
			Techo completo 10 100%	
			Edición	Hoja 1 / 1

### 3.5 DIAGRAMA UNIFILAR



C:\Users\SEBAS\Desktop\7-7-2017\PLANOS CAD\DIAGRAMA UNIFILAR TFG.dwg,

#### 4 PRESUPUESTO

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>1</b>	<b>Ud</b>	<b>Placas solares e instalación</b>			
		Instalación de las placas solares con la correspondiente mano de obra			
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	5	50	250
PC	Ud	Paneles solares LUXOR ECO LINE P60/230-250 W Polycrystalline module family. Rated power Pmpp[wp] 250.Rated current Impp [A] 8, 14 A.Rated voltage Vmpp [V] 30,75V. Short circuit corrent [A]8,59 A.Efficiency at STC 15,38%.Dimensions 992x1640x40 mm	3	125	375
			COSTE TOTAL		625 €
<b>2</b>	<b>Ud</b>	<b>Elementos de fijación</b>			
		Elementos de fijación que incluyen las fijaciones mecánicas así como polímero para fijar a la madera.			
KF	Ud	Kit de fijaciones para 4 paneles solares de potencia 100W 130W 150W 250W.Acero galvanizado. Instalaciones aisladas, calle, campo, montaña.	1	86,49	86,49
MS	Ud	Masilla para estanqueidad Sikaflex 252 Poliuretano. Sellador de juntas y adhesivo multiusos. Apto para aplicaciones en interiores y exteriores. Resistencia extrema a la intemperie y al envejecimiento	2	6,25	12,5
PS	Ud	Pistola de silicona Sika Pistolet S	1	6	6
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	1,5	50	75
			COSTE TOTAL		179,99 €



3	Ud	Baterías y anclaje			
		Banco de baterías necesarias para la instalación así como los elementos de anclaje y sujeción al suelo de las mismas.			
BT	Ud	Batería estacionaria TAB TOPzS de bajo mantenimiento.Voltaje 2V.Dimensiones 198173x700.Peso 44/64,2 kg.C10 [Ah] 875Ah.C100 [Ah] 1137 Ah.Número de ciclos 1200(IEC 896-1)	6	269,8367	1619,02
FB	Ud	Fijaciones para las baterías.Pernos de anclaje al suelo.M12x150 mm	4	0,8	3,2
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	1,5	50	75
			COSTE TOTAL		1.697,22 €
4	Ud	Inversor			
		Inversor de voltaje DC AC e instalación			
IV	Ud	Inversor de voltaje para aislada Phoenix C24/1600 Victron Energy blue power.Funcionamiento en paralelo y en trifásico.Rango de tensión de entrada [V DC] 19-33.Potencia continua a la salida a 25°C 1300W.Potencia continua a la salida a 40 °C 1200W.Pico de potencia 3000W.Tensión/Frecuencia CA de salida 230 VAC+/- 50 Hz+/- 0,1% Eficiencia máx 12/24/48V[W] 0,94%.Consumo en vacío 10 W. Temperatura de funcionamiento [-20º a 50°C].Tipo de protección IP21.Peso[kg] 10 kg.Dimensiones[mm] 375x214x110.Ventilación forzada.	1	772	772
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	0,75	50	38
			COSTE TOTAL		810 €

5	Ud	Regulador de carga			
		Regulador de carga e instalación			
RC	Ud	Regulador de carga CX Series [10-40 A] Phocos.Voltaje nominal 12/24V.Rango de temperaturas [-20º a 50ºC].Dimensiones en mm 92x93x38 mm.Peso[kg] 168 g.Tipo de protección IP22	1	82	82
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	0,5	50	25
			COSTE TOTAL		107 €
6	Ud	Cableado			
		Cableado de la instalación e instalación completa			
CB1	m	Cable RCT RV-K 0,6/1 KV.Conductor de cobre eléctrico flexible(clase V) Aislamiento de Ploietileno reticulado(XLPE) tipo DX 3 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.Cubierta PVC tipo DMW-18 según UNE 21123,según HD 603 S1 e IEC 60502.Tensión nominal 0,6/1 KV.Tensión de ensayo 3500 VCA.Temperatura máxima 90 ºC. <b>Sección 16 mm2</b>	11	3,22	35,42
CB2	m	Cable RCT RV-K 0,6/1 KV.Conductor de cobre eléctrico flexible(clase V) Aislamiento de Ploietileno reticulado(XLPE) tipo DX 3 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.Cubierta PVC tipo DMW-18 según UNE 21123,según HD 603 S1 e IEC 60502.Tensión nominal 0,6/1 KV.Tensión de ensayo 3500 VCA.Temperatura máxima 90 ºC. <b>Sección 10 mm2</b>	2	2,65	5,3
CB3	m	Cable RCT RV-K 0,6/1 KV.Conductor de cobre eléctrico flexible(clase V) Aislamiento de Ploietileno reticulado(XLPE) tipo DX 3 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.Cubierta PVC tipo DMW-18 según UNE 21123,según HD 603 S1 e IEC 60502.Tensión nominal 0,6/1 KV.Tensión de ensayo 3500 VCA.Temperatura máxima 90 ºC. <b>Sección 2,5 mm2</b>	5	1,083	5,415
TI	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	4	50	200
			COSTE TOTAL		246,14 €

7	Ud	Protecciones de la instalación			
		Protecciones de la instalación contra contactos directos e indirectos. Fusible, Interruptor diferencia e interruptor magnetotérmico.			
FS	Ud	Fusible cilíndrico DF Electric 422050 IEC/EN 60269. Tensión 690 V Corriente[A] 50 A.Dimensiones[mm] 22x58.Clase gG.	1	6,91	6,91
ID	Ud	Interruptor diferencial CHINT.Número de módulos 2.Tensión de alimentación 230V.Potencia 9200wattios.Tipo de curva C.Número de polos 2.Sensibilidad 300mA.Intensidad 40A.Clase AC.Dimensiones[cm] 8,6x3,6x7,7.	1	16,95	16,95
IM	Ud	Interruptor magnetotérmico MUN 110A del fabricante Hager.Número de polos 1.Corriente asignada nominal 10A.Tipo de curva C.Poder de corte 6000A según UNE EN 60898-1 certificado AENOR.Tensión de empleo en alterna 230/400 V.Tensión asignada de aislamiento 500V.Tensión asignada de aguante a los choques 4000V.Frecuencia asignada 50/60 Hz. Tipo de conexión jaula con tornillo.Dimensiones`mm] 83x17,5x70 mm	1	12,76	12,76
	h	Técnico especializado en instalaciones eléctricas	1	50	50
			COSTE TOTAL		86,62 €
			<b>PRESUPUESTO DE EJECUCION</b>		
			<b>MATERIAL (PEM)</b>		3.751,97 €
			13% GASTOS GENERALES		487,76 €
			<b>TOTAL DE EJECUCION</b>		4.239,73 €
			21% IVA		890,34 €
			<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		5.130,07 €

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de CINCO MIL CIENTO TREINTA CON SIETE CENTIMOS.

## Análisis de Viabilidad

El Análisis de Viabilidad consiste en un estudio técnico de cariz financiero que busca determinar las posibilidades de suceso económico y financiero de un determinado proyecto, sea de inversión, el lanzamiento de un nuevo producto, la entrada en nuevo mercado o bien un proyecto de reestructuración organizacional.

En nuestro proyecto, si bien es cierto que el objetivo no es obtener beneficio económico alguno de la instalación solar fotovoltaica, sino de hacer la casa autosuficiente mediante la instalación de un techo integrado, resulta de gran interés comparar la inversión que haremos (véase presupuesto) con lo que nos costaría si estuviéramos conectados a la red eléctrica.

El estudio de viabilidad se va a realizar para un período de tiempo de 25 años que es la vida útil aproximada de la instalación solar fotovoltaica.

Si bien es cierto que la instalación se ha calculado para un uso de 3 días a la semana (fines de semana) vamos a realizar el estudio extrapolando los resultados a los 365 días del año y no a 122 días (días si sólo fuéramos 3 días a la semana en un año).

Esta extrapolación se realiza por una simple razón; como vamos a comparar el ahorro que supone la instalación solar con respecto a la red eléctrica, aunque no consumamos nada de electricidad estaremos pagando dinero únicamente por tener contratado el servicio con la compañía eléctrica.

En primer lugar vamos a calcular el ahorro mensual en electricidad que nos supone tener la instalación solar fotovoltaica.

Como hemos calculado anteriormente, la potencia consumida media en la vivienda es de 3310 Wh/día, que multiplicado por los 365 días del año nos da una potencia total de 1208 KWh/año.

Tomaremos como precio del KWh 0.13€/KWh en el primer año. Como sabemos, el precio de la electricidad aumenta cada año, por este motivo y como cálculo estimativo hemos supuesto un aumento anual de un 1% durante los 25 años.

Este aumento del precio así como el ahorro que supone la instalación se ve plasmado en la siguiente tabla.

	[kW/año]	€/KWh	€/año
Año 1	1208	0,13	157,04
Año 2	1208	0,1313	158,6104
Año 3	1208	0,132613	160,196504
Año 4	1208	0,13393913	161,798469
Año 5	1208	0,13527852	163,416454

Año 6	1208	0,13663131	165,050618
Año 7	1208	0,13799762	166,701124
Año 8	1208	0,1393776	168,368136
Año 9	1208	0,14077137	170,051817
Año 10	1208	0,14217909	171,752335
Año 11	1208	0,14360088	173,469859
Año 12	1208	0,14503689	175,204557
Año 13	1208	0,14648725	176,956603
Año 14	1208	0,14795213	178,726169
Año 15	1208	0,14943165	180,51343
Año 16	1208	0,15092596	182,318565
Año 17	1208	0,15243522	184,14175
Año 18	1208	0,15395958	185,983168
Año 19	1208	0,15549917	187,843
Año 20	1208	0,15705416	189,72143
Año 21	1208	0,15862471	191,618644
Año 22	1208	0,16021095	193,53483
Año 23	1208	0,16181306	195,470179
Año 24	1208	0,16343119	197,42488
Año 25	1208	0,1650655	199,399129

A este ahorro, hay que añadirle el término de potencia que pagaríamos si estuviéramos conectados a la red eléctrica. Este término es un término fijo que no depende del consumo, y dependiendo de la potencia contratada pagaríamos más o menos.

El término de potencia es regulado, es decir, lo establece el gobierno, no va con el IPC y es difícil de prever como va a evolucionar. Por este motivo mantendremos este valor constante.

Suponiendo una potencia contratada de 1.7 kW (Tarifa necesaria en caso de estar conectados a la red eléctrica) tomaremos como valor 0.1151€/kW/día dándonos un coste diario de 0.195€, que multiplicado por los 365 días del año asciende a la suma de 71.4€/año.

En la siguiente tabla aparecerá el ahorro total anual con la instalación solar fotovoltaica, que será la suma del precio de la electricidad anual más el término de potencia.

	Ahorro anual
Año 1	228,44
Año 2	230,0104
Año 3	231,596504
Año 4	233,198469
Año 5	234,8164537
Año 6	236,4506183
Año 7	238,1011245

Año 8	239,7681357
Año 9	241,4518171
Año 10	243,1523352
Año 11	244,8698586
Año 12	246,6045572
Año 13	248,3566027
Año 14	250,1261688
Año 15	251,9134304
Año 16	253,7185648
Año 17	255,5417504
Año 18	257,3831679
Año 19	259,2429996
Año 20	261,1214296
Año 21	263,0186439
Año 22	264,9348303
Año 23	266,8701786
Año 24	268,8248804
Año 25	270,7991292

Conocido el ahorro anual, hay que tener en cuenta que en nuestra instalación necesitaremos mantenimiento periódico de la instalación en general. Hemos supuesto que cada dos años tendremos que hacerle un mantenimiento de 50€ y que aproximadamente a la mitad de la vida útil tendremos que hacer un arreglo de mayor valor de alguna parte de la instalación (500€).

A continuación vamos a suponer una Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de un 3%. Con este valor pasamos a calcular el Valor Actual Neto (VAN) de la inversión mediante herramienta Excel obteniendo un valor de -1551,37€. El valor negativo del VAN indica que el proyecto no crea valor, sino que lo destruye. En nuestro caso no buscamos obtener beneficio económico de la instalación.

Obtenido el análisis de la inversión en la parte que hace referencia a la instalación solar fotovoltaica pasaremos a realizar el análisis de inversiones si en vez de tener la instalación solar fotovoltaica estuviéramos conectados directamente a la red.

El precio aproximado del tendido eléctrico calculado por un técnico de IBERDROLA asciende a los 13000€. Además de esto, cada mes tenemos que pagar la factura de la electricidad (que en la parte anterior era un ahorro anual).

Aplicando la misma Tasa Interna de Rendimiento del 3% obtenemos un Valor Actual Neto de -16782,41€, valor muy por encima del VAN calculado para nuestra instalación solar fotovoltaica.

Llegamos así a la conclusión que para la potencia instalada en la vivienda sale mucho más rentable el uso de placas solares que la conexión a red.



Para terminar el estudio de viabilidad vamos a calcular a partir de qué potencia sale más rentable conectarnos a la red eléctrica que instalar placas solares.

Nos sale que para una instalación de 21000€ saldría más rentable conectarnos a la red, lo que se corresponde con una potencia instalada 4 veces mayor aproximadamente.

Por tanto, podemos decir que a partir de un consumo energético de 5000 KWh/año saldría más rentable conectarnos a la red eléctrica.

## 5 ANEXOS

### 5.1 FOTOGRAFIAS DE LA CASA MODELO EN ESTUDIO





## 5.2 PRESUPUESTO DEL AÑO 2008 DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA



TECNICO COMERCIAL: ANTONI BELTRAN

### INSTALACIONES AISLADAS DE USO HABITUAL:

#### HAB2.- INSTALACION TIPO DE 3.860W DE CONSUMO DIARIO.

- 6 Tubos de 30 W/h encendidos 3h/día .....	6 x 3 x 30 =	540 W/día.
- Nevera .....	80 x 16 =	1280 W/día.
- TV21" encendida 4h/día .....	4 x 100 =	400 W/día.
- Eq. Música encendido 2h/día.....	2 x 70 =	140 W/día.
- 1.500 W extras al día para consumos diversos.....	1.500 =	1.500 W/día.

Consumo total diario.....**3.860 W/día**

### INSTALACION FOTOVOLTAICA PROPUESTA:

- 10 Placas Kyocera 125Wp.
- 2 Bateria 6OPZS420 (630/24 V).
- 1 Regulador Xantrex C-60.
- 1 Inversor cargador Outback fx 2000 / 24 V.
- 1 Breaker( automático 175 A / DC ).
- Grupo diesel de 6 KVA (3000 r.p.m.).

### CARACTERISTICAS:

- Consumo instantáneo máximo continuo 2000 W/h.
- Soporta picos de arranque de 4.200 W/h.
- Grupo electrógeno con control de arranque automático.

**COSTE.....16.505 €**

\*\*\*IVA E INSTALACION NO INCLUIDOS.\*\*\*

## 5.3 CAPTURA DE LOS DATOS SACADOS EN EL PROGRAMA PVGIS

### Performance of Grid-connected PV

**NOTE:** before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

#### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 39°37'32" North, 0°27'20" West, Elevation: 135 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.5%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 25.0%

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	3.22	99.7	4.07	126
Feb	3.86	108	4.94	138
Mar	4.61	143	6.03	187
Apr	4.67	140	6.24	187
May	4.82	149	6.53	202
Jun	5.05	152	6.94	208
Jul	5.13	159	7.13	221
Aug	4.84	150	6.73	209
Sep	4.41	132	6.03	181
Oct	3.93	122	5.28	164
Nov	3.34	100	4.33	130
Dec	2.91	90.2	3.68	114
<b>Yearly average</b>	<b>4.23</b>	<b>129</b>	<b>5.66</b>	<b>172</b>
<b>Total for year</b>		<b>1550</b>		<b>2070</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

$E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS © European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged

See the disclaimer [here](#)

## 5.4 Pliego de condiciones desarrollado

El pliego de condiciones en el que nos hemos basado para la realización del trabajo se encuentra en el siguiente link:

[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_Pliego aisladas de red\\_09\\_d5e0a327.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_Pliego aisladas de red_09_d5e0a327.pdf)

## 5.5 HOJAS DE CATALOGO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACION

### 5.5.1 PANELES SOLARES

German  
Solar  
Engineering

**LUXOR**  
the sunshine people



Made in Europe



product guarantee<sup>1</sup>



linear performance guarantee<sup>1</sup>



**ECO LINE**  
**P60/230 - 250 W**

Polycrystalline module family



Electrical data	LX-230P	LX-235P	LX-240P	LX-245P	LX-250P
Rated power P <sub>mpp</sub> [Wp]	230.00	235.00	240.00	245.00	250.00
P <sub>mpp</sub> range from	230.00	235.00	240.00	245.00	250.00
P <sub>mpp</sub> range to	236.49	241.49	246.49	251.49	256.49
Rated current I <sub>mpp</sub> [A]	7.71	7.82	7.93	8.04	8.14
Rated voltage V <sub>mpp</sub> [V]	29.87	30.09	30.30	30.51	30.75
Short-circuit current I <sub>sc</sub> [A]	8.20	8.37	8.47	8.56	8.59
Open-circuit voltage U <sub>oc</sub> [V]	36.90	37.45	37.66	37.73	37.31
Efficiency at STC	14.15%	14.46%	14.77%	15.07%	15.38%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	13.74%	14.04%	14.34%	14.64%	14.94%
NOCT [°C]	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000W/m<sup>2</sup> | module temperature 25°C | AM = 1,5

NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800W/m<sup>2</sup> | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | AM = 1,5

## 5.5.2 INVERSOR

**Inversor para aislada**  
Phoenix C 24/1600

**Garantía**  
2 años

**Propiedades mecánicas:**

Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí
Rango de tensión de entrada (V DC)	19 - 33
Potencia cont. de salida 25°C	1300
Potencia cont. de salida 40°C	1200
Pico de potencia (W)	3000
Tensión / Frecuencia CA de salida (4)	230VAC +/- 2% / 50Hz +/- 0,1%
Eficacia máx. 12/24/48 V (W)	0,94%
Consumo en vacío 12/24/48 V (W)	10
Sensor de temperatura de la batería	Opcional
Protección [2]	Cortocircuito de salida / Sobrecarga / Tensión de la batería muy alta / Tensión de la batería muy baja / Tª muy alta / 230 V CA en la salida del inversor / Ondulación de la tensión de entrada muy alta
Temperatura de funcionamiento	-20° a 50°C
Tipo de protección	IP 21
Peso en (kg)	10
Dimensiones (mm)	375 x 214 x 110
Ventilación forzada	Sí

**Victron Energy**

El portafolio de la empresa Victron Energy engloba inversores/cargadores sinusoidales, convertidores CC/CC, cargadores de batería, interruptores de transferencia y monitores de baterías entre otros. La compañía destaca por sus innovaciones técnicas, fiabilidad y calidad de fabricación. La marca posee una gran notoriedad en el segmento de sistemas eléctricos aislados. Victron Energy trabaja además en el sector de la automoción en el que está creciendo rápidamente.

### 5.5.3 BATERIA

## TAB TOPzS

### BATERIAS ESTACIONARIAS TAB TOPzS DE BAJO MANTENIMIENTO.

Las baterías estacionarias TOPzS se fabrican de acuerdo a la normativa DIN 40736, EN 60896 y IEC 896-1. Los acumuladores individuales (2V) están fabricados en recipientes de Polipropileno translúcido.

LAS BATERÍAS ESTACIONARIAS DEL TIPO TOPzS ESTÁN ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA INSTALACIONES SOLARES. DEBIDO A SU EXTREMADA BAJA DESCARGA LAS PLACAS POSITIVAS TUBULARES SON ADECUADAS PARA SISTEMAS SOLARES OFF-GRID (AISLADOS).



#### DISEÑO

- ELECTRODO POSITIVO**
  - » Placa positiva tubular con baja aleación de antimonio (<2%)
- ELECTRODO NEGATIVO**
  - » Placa plana con expansor de larga duración
- SEPARACIÓN**
  - » Separador microporoso
- ELECTROLITO**
  - » Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm<sup>3</sup>
- RECIPIENTE**
  - » Polipropileno Transparente PP
- TAPA**
  - » Polipropileno en color verde
- SELLADO DEL BORNE**
  - » Estanqueidad al 100% de gas y electrolito, junta de goma de alta densidad
- TERMINALES**
  - » Terminal hembra (M10) tratado. Perfecto contacto y baja resistencia con cables de conexión flexibles.
- CONEXIÓN**
  - » Cable de cobre flexible y aislado, con una sección transversal de 35, 50, o 70 mm<sup>2</sup>
- BORNE ATORNILLADO**
  - » M10, acero, aislado

#### INSTALACIÓN

LOS ACUMULADORES DEBEN INSTALARSE EN BANDEJAS DE METAL

#### CARGA

- IU - CARACTERÍSTICAS**
  - » Imax sin limitación
- TENSIÓN DE FLOTACIÓN**
  - » U = 2,23 V/celda ± 1 %
- CARGA INICIAL**
  - » U = 2,35 a 2,40 V/celda

#### CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA

- TEMPERATURA DE REFERENCIA**
  - » 20°C en C10 a 1,80V/Celda y a 25°C en C100 a 1,85V/Celda
- CAPACIDAD INICIAL**
  - » 100 %
- INTENSIDAD DE DESCARGA**
  - » Normalmente hasta el 80%
  - » Más del 80% POD o descargas más allá de las tensiones de descarga final (independientes de la corriente de descarga) tienen y deben ser evitadas.

#### DATOS OPERATIVOS

- VIDA OPERATIVA**
  - » Hasta 15 años
- IEC 896-1 CICLOS**
  - » 1200
- AUTODESCARGA**
  - » Aprox. 3% por mes a 20°C
- TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO**
  - » -20°C a 55°C, se recomienda su uso entre 10°C a 30°C
- NORMATIVAS**
  - » IEC 896-1, EN 60896-1, EN 61427
- NORMA DE SEGURIDAD, VENTILACIÓN**
  - » EN 50272-2

Número de ciclos: 1.200 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	LxWxH (mm)	PESO (kg)	C10 (Ah) Uf=1,80V at 20 °C	C100 (Ah) Uf=1,85V at 25 °C
3 TOPzS 265	2	198x83x472	12,4/18,4	265	345
4 TOPzS 353	2	198x101x472	16/23,3	353	458
5 TOPzS 442	2	198x119x472	20,2/29	442	575
4 TOPzS 500	2	198x101x720	24,3/35,2	500	650
5 TOPzS 625	2	198x119x720	30,3/43,2	625	812
6 TOPzS 750	2	198x137x720	38,0/53,5	750	975
7 TOPzS 875	2	198x173x720	44,0/64,2	875	1137
8 TOPzS 1000	2	198x191x720	50,2/72,5	1000	1300



**MANTENIMIENTO**

**CADA 6 MESES**

- » Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)

**CADA 12 MESES**

- » Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

## 5.5.4 REGULADOR DE CARGA



**krannich**  
Solar



**phocos**

Regulador  
CX series (10–40 A)

Garantía  
2 años de garantía al producto

Propiedades mecánicas:

	Tipo	CX 10	CX 20	CX 40
Voltaje nominal			12/24 V	
Corriente de carga nominal				
Máxima tensión de entrada Voc				
Máxima potencia de entrada				
Corriente de carga máxima				
Eficiencia				
Consumo potencia standby				
Rango temperatura			-20 a +50 °C	
Dimensiones (mm)			92 x 93 x 38	
Peso en (kg)			168 g	
Tipo protección			IP22	



### Phocos

Phocos, es uno de los primeros fabricantes de reguladores de carga solares y de componentes de la fuente de alimentación autónoma. Los electrodomésticos de ahorro de energía complementan su gama de productos así como otras aplicaciones del sector de las telecomunicaciones y de las operaciones de la industria pesada. Phocos, con sede en Baden Wurtemberg, nació en los años 80, época en la que los ingenieros de la Universidad de Ulm de Ciencias Aplicadas desarrollaron nuevas tecnologías para reguladores de carga. En el año 2000, algunos de estos investigadores fundaron la empresa Phocos. Hoy en día, la compañía mantiene una estrecha colaboración con la Universidad en el ámbito de los sistemas aislados de la red eléctrica.



## 5.5.5 CABLEADO



[Inicio](#) | [Cables RCT](#) | [Reglamento CPR](#) | [Productos](#) | [Cotización Cobre](#) | [Descargas](#) | [Blog](#) | [Contacto](#)

[Inicio](#) / [Productos](#) / [CPR Cables](#) / [Cables PVC CPR](#)

RV-K 0,6/1 kV

RV-K 0,6/1 kV



### Descripción

Los cables RV-K 0,6/1kV son los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión. Recomendado para conexiones industriales, acometidas, distribución interna y conexiones en el exterior. Puede ser utilizado en redes subterráneas e instalaciones fijas. Dada su gran flexibilidad son muy apropiados para instalaciones complejas y de gran dificultad.

**Normas de Referencia**

UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502

Aplicaciones	Características Técnicas	Dimensiones	Documentos
<b>1. Conductor</b>	Cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228		
<b>2. Aislamiento</b>	Poliétileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1		
<b>3. Cubierta</b>	PVC tipo DMV-18 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502		
<b>Tensión nominal</b>	0,6/1 kV		
<b>Tensión de ensayo</b>	3500 V C.A.		
<b>Temperatura máxima</b>	90 °C		
<b>Otras características</b>	<p>Color según UNE 21089 y HD 308 S2 (marcados con colores para menos de cinco conductores), UNE-EN 50334 y EN 50334 (marcados por inscripción para más de cinco conductores)</p> <p>No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1-2, EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2</p> <p>El uso de polietileno reticulado (XLPE) admite una mayor densidad de corriente, a igualdad de sección, respecto al aislamiento con PVC</p> <p>Clasificación CPR según EN 50575</p>		

La siguiente imagen muestra parte de las secciones del catálogo, donde se han indicado aquellas secciones que necesitamos en nuestra instalación (2,5, 10 y 16 mm<sup>2</sup>).

Sección (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
1x1,5	13,3	4,80	33	Eca
1x2,5	7,98	5,00	42	Eca
1x4	4,95	5,45	56	Eca
1x6	3,3	6,30	79	Eca
1x10	1,91	7,30	120	Eca
1x16	1,21	8,40	177	Eca
1x25	0,78	10,00	258	Eca
1x35	0,554	11,10	347	Eca
1x50	0,386	12,40	472	Eca

## 5.5.6 PROTECCIONES

### 5.5.6.1 Fusible



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN	LEGISLACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	DOCUMENTACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión (V): 690</li> <li>Amperios (A): 50</li> <li>Talla: 22x58</li> <li>Clase: gG</li> </ul>			

### 5.5.6.2 Interruptor diferencial



Ficha Técnica	
Nº de módulos	2
Tensión de alimentación	230V
Potencia	9200 watos
Tipo de curva	Tipo C
Número de polos	2 polos
Sensibilidad	300 mA
Intensidad	40 amperios
Clase	Clase AC
Medida Alto	8,6 cm
Medida Ancho	3,6 cm
Medida Fondo	7,7 cm
Recomendado para	Recomendado para uso en zonas húmedas debido a su alta sensibilidad

### 5.5.6.3 Interruptor magnetotérmico

#### Características técnicas del producto

MUN110A

:hager



Imagen similar (La imagen muestra  
MUN116A)

Int.aut. serie MU, 1P, 10A, curva C, 6KA

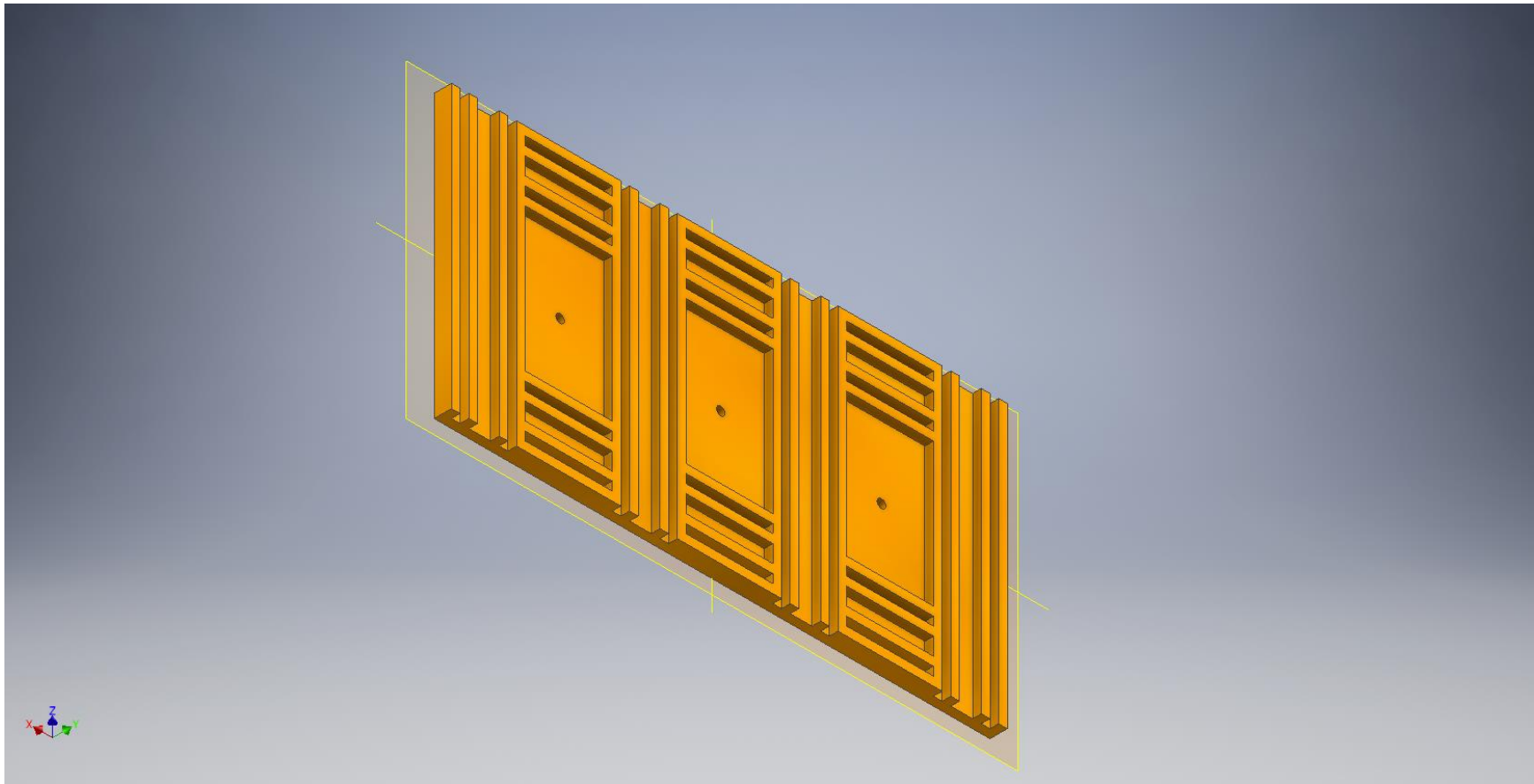
Interruptor automático magnetotérmico hager serie MU, 1P, 10A, curva C, poder de corte 6000A según UNE EN 60898-1. Certificado AENOR.

#### Características técnicas

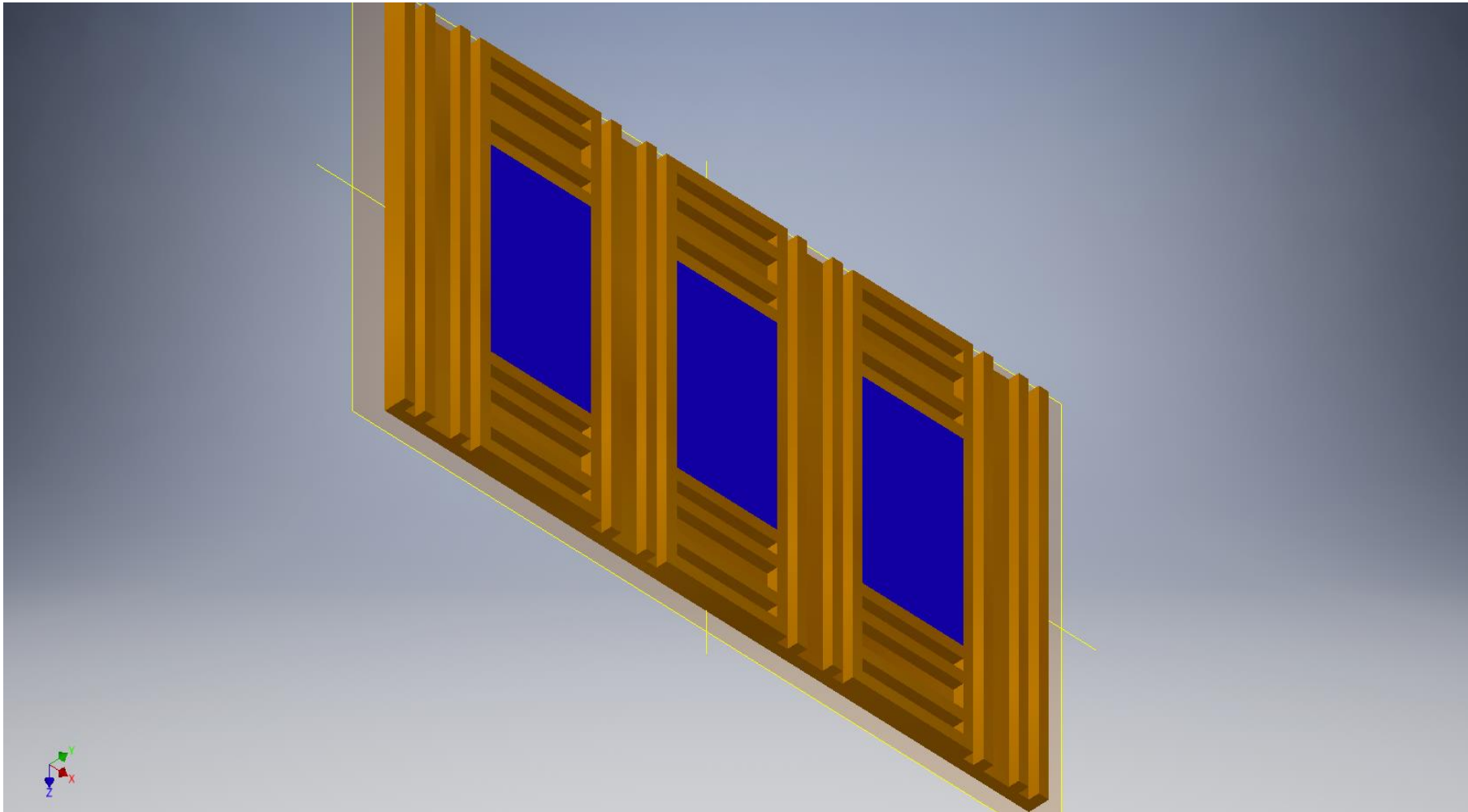
Aparato de la familia	MU
Número de módulos	1
Número de semi módulos de 17,5mm sólo para aparato y kit	2
Número de polos	1 P
Índice de protección IP	IP20
Corriente asignada nominal	10 A
Corriente asignada a 20° C	10,8 A
Corriente asignada a 30° C	10 A
Corriente asignada a 35° C	9,6 A
Corriente asignada a 40° C	9,2 A
Corriente asignada a 45° C	8,8 A
Corriente asignada a 50° C	8,4 A
Corriente asignada a 55° C	8 A
Corriente asignada a 60° C	7,6 A
Corriente asignada a 70° C	6,8 A
Clase de limitación de energía I <sup>2</sup> t	3
Curva	C
Poder de corte asignado	6 kA
Tensión asignada de empleo en alterna	230/400 V
Tensión asignada de aislamiento	500 V
Ten. asig. de aguante a los choques	4000 V
Frecuencia asignada	50/60 Hz
Tipo de conexión	Jaula con tornillo
Altura	2000 m
Sec. conex. born. sup. e inf. cable ríg.	1/25 mm <sup>2</sup>
Sec. conex. bornes sup. cable flexible	1/16 mm <sup>2</sup>
Altura del producto instalado	83 mm
Anchura del producto instalado	17,5 mm
Profundidad del aparato instalado	70 mm
	3
Calib. máx.fus. aguas arriba aM sel.CC	2 A
Calib. máx.fus. aguas arriba gL sel.CC	6 A
Grado de polución / IEC60664/IEC60947-2	2
Calib. mín.fus. aguas arriba aM sel.CC	12 A
Calib. mín.fus. aguas arriba gL sel.CC	16 A
Par de apriete	2, 8 Nm
Coef. correcc. corr. nom. 2 apar.yuxtap.	1
Coef. correcc. corr. nom. 3 apar.yuxtap.	0,95
Coef. correcc. corr. nom. 4 y 5 ap.yux.	0,9
Coef. correcc. corr. nom. 6 apar.yuxtap.	0,85

## 5.6 Proceso de construcción del techo integrado

### 5.6.1 Techo sin paneles



### 5.6.2 Techo con paneles montados



### 5.6.3 Techo con paneles integrados y cubierta

