

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# **Instalación fotovoltaica aislada para casa rural**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Índice General

|   |     |
|---|-----|
| - ABSTRACT.....                                   | 5   |
| - MEMORIA.....                                    | 7   |
| - ANEXOS:   |     |
| ANEXO 1: CÁLCULOS DIMENSIONADO.....               | 30  |
| ANEXO 2: CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....                 | 56  |
| ANEXO 3: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD..... | 78  |
| - PLANOS.....                                     | 98  |
| - PLIEGO DE CONDICIONES.....                      | 107 |
| - MEDICIONES Y PRESUPUESTOS.....                  | 127 |
| - CONCLUSIONS.....                                | 133 |



## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| - Figura 1: Esquema de montaje de una instalación fotovoltaica aislada.....                                | 18 |
| - Figura 2: Características del módulo fotovoltaico elegido.....   | 21 |
| - Figura 3: Módulo fotovoltaico ATERSA-A230p.....  | 21 |
| - Figura 4: Características del regulador elegido.....   | 22 |
| - Figura 5: Regulador FLEX MAX 80.....   | 23 |
| - Figura 6: Características de las baterías elegidas.....  | 24 |
| - Figura 7: Baterías Powersafe.....  | 25 |
| - Figura 8: Características Inversor elegido.....  | 25 |
| - Figura 9: Inversor Victron Phoenix C24/3000.....   | 26 |
| - Figura 10: Características del tipo de cable elegido I.....  | 27 |
| - Figura 11: Características del tipo de cable II.....   | 28 |
| - Figura 12: Ángulo inclinación ( $\beta$ ) paneles fotovoltaicos ( $\alpha$ ).....                        | 36 |
| - Figura 13: Ángulo orientación ( $\alpha$ ) paneles fotovoltaicos.....                                    | 37 |
| - Figura 14: Pérdidas por orientación e inclinación.....   | 39 |
| - Figura 15: Pérdidas por orientación ( $\alpha = 0^\circ sur$ ) e inclinación ( $\beta = 30^\circ$ )..... | 40 |
| - Figura 16: Diagrama trayectoria sol.....   | 41 |
| - Figura 17: Distancia mínima (d) entre los paneles.....   | 50 |
| - Figura 18: Distancias mínimas A.....   | 50 |
| - Figura 19: Colocación paneles.....   | 51 |
| - Figura 20: Distancias mínimas B.....   | 51 |
| - Figura 21: Distancias mínimas C.....   | 52 |
| - Figura 22: Área para colocar la instalación.....   | 53 |
| - Figura 23: Características del soporte.....  | 54 |
| - Figura 24: Esquema soporte.....  | 55 |
| - Figura 25: Tabla Intensidades/diámetros de cable.....  | 61 |
| - Figura 26: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.....                           | 71 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| - Tabla 1: Consumos diarios de la vivienda.....                            | 19 |
| - Tabla 2: Resumen secciones cableado.....                                 | 29 |
| - Tabla 3: Iluminación vivienda.....                                       | 32 |
| - Tabla 4: Consumos diarios de la vivienda.....                            | 34 |
| - Tabla 5: Performance Ratio.....  | 35 |
| - Tabla 6: Límites/Pérdidas por sombras.....                               | 38 |
| - Tabla 7: Pérdidas generales.....   | 42 |
| - Tabla 8: Valores de radiación mensual.....                               | 43 |
| - Tabla 9: Características módulo elegido.....                             | 45 |
| - Tabla 10: Datos dimensionado regulador.....                              | 46 |
| - Tabla 11: Características regulador.....                                 | 47 |
| - Tabla 12: Datos dimensionado baterías.....                               | 47 |
| - Tabla 13: Características baterías.....                                  | 48 |
| - Tabla 14: Características inversor.....                                  | 49 |
| - Tabla 15: Medidas módulo.....  | 51 |
| - Tabla 16: Resumen distancia y colocación entre paneles.....              | 53 |
| - Tabla 17: Valores necesarios para cálculo línea paneles 1.....           | 60 |
| - Tabla 18: Valores necesarios para cálculo línea paneles 2.....           | 62 |
| - Tabla 19: Valores necesarios para cálculo línea paneles 3.....           | 63 |
| - Tabla 20: Valores necesarios para cálculo línea regulador.....           | 65 |
| - Tabla 21: Valores necesarios para cálculo línea baterías.....            | 67 |
| - Tabla 22: Valores necesarios para cálculo línea baterías-inversor.....   | 68 |
| - Tabla 23: Valores necesarios para cálculo línea inversor-cuadro AC.....  | 69 |
| - Tabla 24: Resumen líneas.....  | 70 |
| - Tabla 25: Tipos de riesgos característicos.....                          | 89 |
| - Tabla 26: Riesgos característicos-EPI-Medidas preventivas generales..... | 90 |

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

**Abstract**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Abstract

In this Project, we are going to evaluate a photovoltaic installation in a farmhouse, in Almaciga, Santa Cruz de Tenerife. Energy consumptions will be evaluated with the information about diary and monthly radiation. Collecting this information could lay out a system with measures required.

Certainly, we have to consider the good service of installation based on several areas, which are: life time structure to support photovoltaic panels due to the weight of these and external forces acting on it, providing electrical energy supplied to the consumption of housing and right-sizing of it.

On the other hand a cost-benefit study is performed with a budget, estimating the costs of every equipments we want to assemble.

The main object is try to leverage the natural resources we have in Canary Islands, like solar energy, eolian energy, and every kinds of clean energy. That's one more step to get better the world and safe what we have.

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# Memoria

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

# Índice Memoria

|  |    |
|--|----|
| -1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....             | 9  |
| 1.1.Objeto.....                                      | 9  |
| 1.2.Alcance.....                                     | 9  |
| 1.3.Antecedentes.....                                | 9  |
| 1.4.Reglamentación y disposiciones consideradas..... | 9  |
| 1.4.1.Disposiciones legales y normas aplicadas.....  | 9  |
| 1.4.2.Programas de cálculo.....                      | 11 |
| 1.4.3.Bibliografía.....                              | 11 |
| 1.5.Definiciones y abreviaturas.....                 | 12 |
| 1.5.1.Componentes de la instalación.....             | 12 |
| 1.5.2. Paneles fotovoltaicos.....                    | 13 |
| 1.5.3. El regulador y como trabaja.....              | 13 |
| 1.5.4. Las baterías y sus funciones.....             | 15 |
| 1.5.5. El inversor y sus particularidades.....       | 16 |
| 1.6.Requisitos de diseño.....                        | 17 |
| 1.6.1.Redacción.....                                 | 17 |
| 1.6.2.Peticionario.....                              | 18 |
| 1.6.3.Emplazamiento de la instalación.....           | 18 |
| 1.7.Análisis de soluciones.....                      | 18 |
| 1.8.Resultados finales.....                          | 19 |
| 1.8.1.Generador fotovoltaico.....                    | 21 |
| 1.8.2.Regulador.....                                 | 22 |
| 1.8.3.Baterías.....                                  | 24 |
| 1.8.4.Inversor.....                                  | 25 |
| 1.8.5.Protecciones.....                              | 26 |
| 1.8.6.Líneas eléctricas de alimentación.....         | 27 |
| 1.8.7.Cableado eléctrico.....                        | 29 |

# **1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO**

## **1.1. Objeto**

El objeto del proyecto que nos ocupa es estudiar, diseñar, calcular y valorar las instalaciones eléctricas en baja tensión (B.T.) de una Instalación de Energía Solar Fotovoltaica aislada de la red de una casa rural en el pueblo de Almáciga, Santa Cruz de Tenerife, así como garantizar las condiciones de seguridad de la instalación, tanto en su fase de montaje como en su futuro mantenimiento y explotación.

La solución adoptada, dada la localización de la vivienda, ha sido la de abastecer de energía eléctrica dicha vivienda mediante una instalación fotovoltaica.

Dicha instalación abarca la posibilidad de aumentar su potencia, bien colocando más módulos fotovoltaicos o incluso añadir un grupo generador auxiliar, con solo pequeñas variaciones en el sistema.

## **1.2. Alcance**

El alcance del proyecto va destinado a la instalación de paneles solares para la captación de energía solar, con el fin de abastecer y cubrir todas las necesidades energéticas de una casa rural aislada de la red y el dimensionamiento de dicha instalación.

## **1.3. Antecedentes**

En el año 2016, con motivo del reciente conocimiento de las normativas españolas correspondientes a instalaciones con paneles fotovoltaicos para producir energía limpia, decidí convertir la casa decidí realizar un proyecto de aislamiento energético en una vivienda familiar en una zona de bastantes recursos energéticos, Anaga.

## **1.4. Normas y referencias**

### **1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas**

Para la confección del presente Proyecto se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones:

Es de aplicación toda la normativa vigente en España que hace referencia de forma directa a los Sistemas Fotovoltaicos Aislados de Red:

- Ley 54/1997 se establece la posibilidad de que un productor destine su producción no a su venta a red (para terceros) sino a su consumo propio, ya sea autoconsumo total (consumo del 100% de la energía generada) o parcial. Esta definición del productor es la dada en la Ley tras la modificación por Real Decreto-ley 7/2006, mediante la cual se incluye el concepto de autoprodutor en la definición de productor.

- Ley 38/1992 de impuestos especiales el artículo 64 quinto sobre exenciones establece que la energía eléctrica destinada al autoconsumo de los titulares de las instalaciones no está sujeta al régimen de impuestos especiales, así como el autoconsumo en instalaciones de producción, transporte o distribución.

- Reglamento Electrotécnico de B.T. (Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, e Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores:

ITC- BT 29, Instalaciones en locales de Características Especiales. (Locales Mojados)

ITC- BT 18, Instalaciones de Puesta a Tierra.

ITC- BT 24, Protección Contra los Contactos Directos e indirectos.

ITC -BT 36, Instalaciones a Muy Baja Tensión.

ITC- BT 40, Instalaciones Generadoras de BT.

ITC-BT 17, Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección.

- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712:

Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

- Norma UNE-157001

- Plan General de Ordenación Urbana o Normas Subsidiarias del municipio

- Ley 31/1995 sobre la Prevención de Riesgos laborales



### 1.4.2 Programas de cálculo

Para la realización de este proyecto, hemos utilizado dos herramientas informáticas que están disponibles para cualquier usuario.

La primera es una página web, [www.agrocabildo.org](http://www.agrocabildo.org), de la que puedes obtener por regiones y zonas de Canarias, los registros de radiación muy fácilmente. Dichos registros son solo un ejemplo de lo que podemos obtener de dicha página web, ya que, puede proporcionar datos de velocidad del viento, temperatura, etc. Nosotros solo nos centramos en la radiación solar, que es el parámetro que nos interesa para llevar a cabo nuestro proyecto.

La otra herramienta utilizada es el software online, “sunnydesing”, el cual simplifica mucho y ayuda a saber que tipo de instalación cumple los requisitos energéticos que se necesitan.

Las dos herramientas son muy fáciles de usar y están al alcance de cualquiera que quiera ponerse a investigar.

### 1.4.3. Bibliografía

Se han consultado dos proyectos en la Universidad de Cantabria:

-Instalación fotovoltaica para una casa rural en Lastrilla (Palencia) (Autor: Sergio Álvarez Fernández; Director: José Ramón Aranda Sierra)

-Estudio de viabilidad y económico del suministro electro-energético de una casa aislada (Autor: Juan Ceballos Cerrajería).

-Reglamento electrotécnico de Baja Tensión 2002

-Energía Solar Fotovoltaica (Autor: Javier María Méndez Muñiz, Edición: Fundación Cofemetal 2008)

-Electricidad Solar (Autor: Javier Meana Rodríguez, Edición: 2002)

-Electricidad Solar Fotovoltaica (Autor: Eduardo Lorenzo Pigueiras, Edición: Progensa 2006)

-Estudio y diseño en la optimización de una instalación fotovoltaica para una vivienda aislada (Autor: Juan Antonio Miguel Parada, Edición: 2009)

- Estudio y diseño en la optimización de una instalación fotovoltaica para una vivienda aislada (Autor: Juan Antonio Miguel Parada, Edición: 2009).
- Guía del Instalador de Energías Renovables (Autor: Tomás Perales Benito, Edición: 2005).

**Las páginas web en las que se ha consultado y de las que se ha sacado información han sido:**

- [www.sunnydesignweb.com](http://www.sunnydesignweb.com) (consultada en Mayo de 2017)
- [www.solarweb.com](http://www.solarweb.com) (consultada en Mayo de 2017)
- [www.soloingenieria.net](http://www.soloingenieria.net) (consultada en Diciembre de 2016)
- [www.idae.es](http://www.idae.es) (consultada en Diciembre de 2016)
- [www.agrocabildo.org](http://www.agrocabildo.org) (consultada en Diciembre de 2016)

## **1.5. Definiciones y abreviaturas**

### **1.5.1. Componentes de la instalación**

- Subsistema de generación - Generador Fotovoltaico: Grupo de paneles fotovoltaicos interconectados para el aprovechamiento de la radiación solar del lugar.
- Subsistema de acumulación: Regulador de carga y grupo de baterías. El regulador de carga se encarga, principalmente, de evitar la descarga profunda de las baterías o la sobrecarga de las mismas, alargando de esta forma su vida útil. Las baterías acumulan la energía producida por el sistema de generación para que la vivienda disponga de suministro en los momentos en que ninguno de los generadores de la instalación está produciendo energía por falta de sol. Y también en los momentos en que la demanda energética de la misma es superior a la generada en esos instantes por los paneles FV.
- Subsistema de acomodación de energía a las cargas: Convertidor CC-CCo seguidor de potencia. Cuando no todos los receptores de continua tienen la misma tensión nominal. Convertidor CC-CA. Dado que la vivienda dispone de equipos a alimentar con CA, sí que será preciso incluir en el sistema un convertidor CC-CA.

### 1.5.2. Paneles Fotovoltaicos

Está formado por la interconexión en serie y paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos, encargados de captar la luz del sol y transformar la energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiación solar recibida.

En cumplimiento de los requisitos técnicos indicados en el Pliego de Condiciones Técnicas emitido por IDAE los módulos seleccionados cumplen las siguientes características:

- Satisfacen las especificaciones indicadas por la norma UNE-EN 61215.
- Registro TUV Q60011013
- Identificación visible e indeleble el modelo y nombre ó logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- Diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
- Marcos laterales son de aluminio.
- Potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Estructura del generador se conectará a tierra.

### 1.5.3. El regulador y cómo trabaja.

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga. Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado. Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador. Existen dos tipos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados.

Estos componentes trabajan de la siguiente manera según la regulación de la intensidad de carga de las baterías: Igualación, Carga profunda y flotación;

#### -IGUALACIÓN:

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

#### -CARGA PROFUNDA:

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

#### -CARGA FINAL Y FLOTACIÓN:

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente. Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la Autodescarga de las baterías.

Dichos reguladores también trabajan en función del estado de las baterías, pudiéndose desconectar del consumo por baja tensión de las mismas y como consecuencia:

#### -ALARMA POR BAJA TENSIÓN DE BATERÍA:

La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima). En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10 segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga.

**-PROTECCIONES TIPICAS:**

- Contra sobrecarga temporizada en consumo.
- Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.
- Contra desconexión de batería.

**-INDICADORES DE ESTADO/ SEÑALIZADORES HABITUALES:**

- Indicadores de tensión en batería.
- Indicadores de fase de carga.
- Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

**Los parámetros a calcular para el dimensionamiento de un regulador son:**

Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48).

Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

**-Parámetros importantes que determinan su operación.**

Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por dicho generador (I flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.

**1.5.4. Las baterías y sus funciones**

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

### **Interacción entre módulos fotovoltaicos y baterías:**

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas. La siguiente figura muestra cómo se distribuye la entrega de energía a la carga a lo largo del día. Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos superada la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda sino que además, todo exceso se almacenara en la batería que empezara a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería. En la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

#### **1.5.5. El inversor y sus particularidades**

Un **inversor fotovoltaico** es un convertidor que transforma la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna. Estos se subdividen en: inversores aislados e inversores conectados a la red. En nuestro caso utilizaremos los inversores de placas solares conectadas a baterías, en régimen aislado.

A continuación se describe el funcionamiento del equipo frente a situaciones particulares:

##### **1. Fallo en el suministro:**

En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de circuito abierto, en este caso el inversor se desconecta por completo y espera que se restablezca la tensión en la red para iniciar de nuevo su funcionamiento.

##### **2. Temperatura elevada:**

El inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección. Está calculado para un rango de temperaturas similar al que puede haber en el interior de una vivienda. En el caso de que la temperatura ambiente se incremente excesivamente o accidentalmente se tapen los canales de ventilación, el equipo seguirá funcionando pero reducirá la potencia de trabajo a fin de no sobrepasar internamente los 75°C.

Esta situación se indica con el led de temperatura intermitente. Si internamente se llega a 80°C, se parará y el intermitente se quedará fijo iluminado.

### 3. Tensión del generador fotovoltaico baja:

En este caso, el inversor no puede funcionar. Es la situación en la que se encuentra durante la noche, en días muy nublados o si se desconecta el generador solar. El led de paneles estará fijo apagado.

### 4. Intensidad de generador fotovoltaico insuficiente:

Los generadores fotovoltaicos alcanzan el nivel de tensión de trabajo a partir de un valor de radiación solar muy bajo (de 2 a 8mW/cm<sup>2</sup>). Cuando el inversor detecta que se dispone de tensión suficiente para iniciar el funcionamiento, el sistema se pone en marcha solicitando potencia del generador fotovoltaico. Si el generador no dispone de suficiente potencia debido a que la radiación solar es muy baja, el valor de intensidad mínima de *funcionamiento* no se verifica, lo que genera una orden de parada del equipo. Y posteriormente se inicia un nuevo intento de conexión. El intervalo entre intentos es aproximadamente de 3 minutos.

El inversor cumple con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y compatibilidad incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

## 1.6. Requisitos de diseño

### 1.6.1. Redacción

Título: Instalación fotovoltaica aislada de red para casa rural

Autor/Alumno: Óscar Jesús Bethencourt Navarro

Grado: Grado en Ingeniería Mecánica

DNI: 42222062-L

Teléfono personal: 625245111

Municipio: Santa Cruz de Tenerife

Correo electrónico: [oskitabn@gmail.com](mailto:oskitabn@gmail.com)

### 1.6.2. Peticionario

Promotor: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Dirección: Avda. Astrofísico Francisco Sánchez. Edificio Garoé, CP:38206, La Laguna

Teléfono: 922-31-65-02 (Ext 6252)

Tutor: Benjamín J. González Díaz – Área de conocimiento: Ingeniería eléctrica, Departamento de Ingeniería Industrial

Correo electrónico: [bgdiaz@ull.edu.es](mailto:bgdiaz@ull.edu.es)

### 1.6.3. Emplazamiento de la Instalación

Municipio: Santa Cruz de Tenerife, Almaciga

Dirección: Calle la Cruz, nº 10, Almaciga, Santa Cruz de Tenerife

Coordenadas: Latitud: 28,5719      Longitud:-16,1982

## 1.7. Análisis de soluciones

Teniendo en cuenta las necesidades energéticas de la vivienda a la que va destinada este proyecto, decidimos realizar una instalación fotovoltaica aislada de la red. Hemos elegido este tipo de instalación para así intentar evadir el llamado “impuesto solar”. Dichas instalaciones siguen un esquema de montaje bastante sencillo con una serie de elementos que podemos ver a continuación:

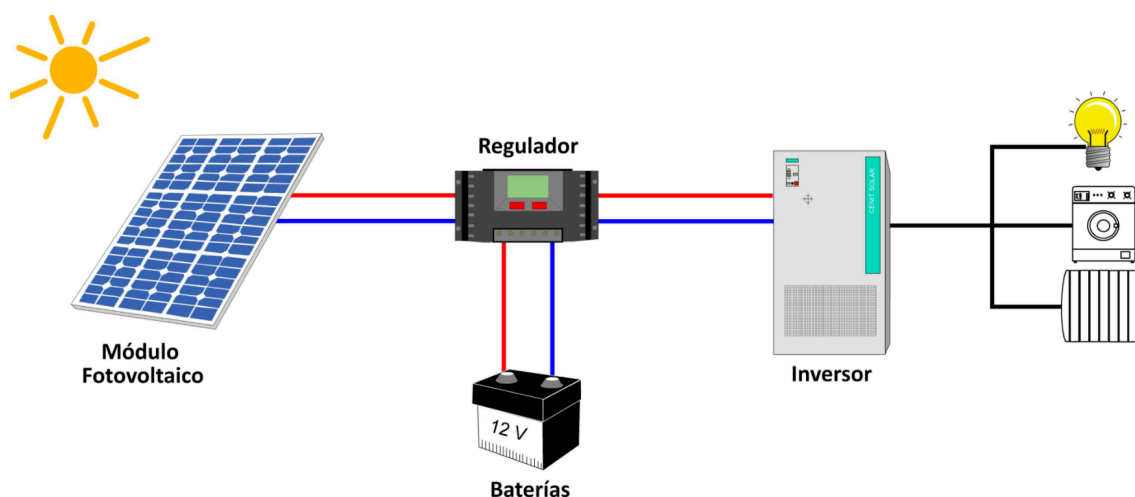


Figura 1: Esquema de montaje de una instalación fotovoltaica aislada



Una vez entendido como funciona, y sabiendo cuanta es la energía que debemos producir, elegiremos de entre las infinitas opciones, los elementos de la instalación que nos interesen para llevar a cabo un diseño adecuado de la misma.

## 1.8. Resultados finales

Para llevar a cabo un dimensionamiento correcto primero debemos saber las necesidades que tenemos. Por ello explicaremos brevemente el tipo de casa que queremos dimensionar y sus necesidades energéticas.

Se trata de una vivienda unifamiliar, situada en el pueblo de Almaciga perteneciente a Santa Cruz de Tenerife. Es una casa terrera, lo que nos facilita la instalación del campo fotovoltaico sin causarle molestias a ningún vecino.

En cuanto a las necesidades energéticas de dicha vivienda, se ha hecho un conteo de los diferentes equipos electrónicos que son utilizados a diario y de las luminarias. Como resultado obtenemos la siguiente tabla:

| Tabla de definición de consumos |        |                  |       | Tensión |       | Rdto  | Energía teórica diaria |         |
|---------------------------------|--------|------------------|-------|---------|-------|-------|------------------------|---------|
| Descripción                     | Unidad | Potencia (W)/Ud. | Horas | AC/DC   | V(AC) | V(DC) | %                      | Wh/día  |
| ILUM Comedor                    | 2      | 20               | 5     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 222,22  |
| ILUM Baños                      | 1      | 8                | 5     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 44,44   |
| ILUM Cocina                     | 1      | 8                | 1     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 8,89    |
| ILUM habitaciones               | 2      | 8                | 1     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 17,78   |
| Lavadora                        | 1      | 600              | 1     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 666,67  |
| Microondas                      | 1      | 450              | 0,1   | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 50      |
| Televisor                       | 1      | 70               | 4     | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 311,11  |
| Nevera                          | 1      | 30               | 24    | AC      | 230   | 24    | 90 %                   | 800     |
|                                 |        |                  |       |         |       |       | Total                  | 2121,11 |

Tabla 1. Consumos diarios de la vivienda

Para el cálculo del consumo teórico diario de la vivienda hemos utilizado la siguiente fórmula:

$$E_D = \frac{n^{\circ} \cdot P \cdot n^{\circ} \text{ horas al día}}{\text{Rendimiento}}$$

Lo cual nos da un resultado:  $E_D = 2121,11 \text{ Wh/día}$  (Consumo real)

A modo de factor de seguridad en el dimensionamiento, utilizaremos un parámetro llamado Performance Ratio (PR), que según la norma debe ser 0'6.

Teniendo en cuenta el PR:

$$E_D = \frac{2121,11 \text{ Wh/día}}{0,6} = 3535,18 \text{ Wh/día} \text{ (Consumo corregido con PR)}$$

Este es el dato de consumo diario que utilizaremos para dimensionar nuestro campo fotovoltaico.

La instalación solar, de la que es objeto este proyecto, estará compuesta por 3 ramas de 3 paneles en serie, sumando un total de 9 paneles, cuya potencia de pico de cada uno de ellos es 230 Wp. Dichos paneles irán conectados a un regulador MPPT, que conectará a su vez con el sistema de batería y el inversor.

Dichas baterías, debido a que nuestro sistema trabaja a 24 V, consta de 12 vasos de 2 V, con una capacidad nominal de almacenamiento a 10 horas de 1120 Ah. Utilizaremos un inversor para nuestra instalación, el cual tendrá una potencia de pico de 6 kW.

- Potencia nominal de la instalación (kW): 2'1 kW
- Potencia pico a instalar en el campo de paneles (WP): 2070 WP
- Superficie del campo de paneles (m<sup>2</sup>): 14.64 m<sup>2</sup>

Teniendo la potencia de pico de la instalación y las horas de sol pico o HSP, podemos estimar la potencia producida en condiciones ideales de dicha instalación.

Potencia producida (ideal) = Ppico x HSP (Diciembre)

**Potencia producida (ideal) = 2'07 kW x 2,2268 h/día = 4'609 kWh/día**

Con este dato comprobamos que cumplimos con las condiciones del diseño, ya que, generamos una energía diaria bastante mayor al consumo. Este excedente de generación nos ayudará a almacenar energía en nuestro sistema de baterías dimensionadas para abastecer a la vivienda con una autonomía de 4 días.

### 1.8.1. Generador fotovoltaico

Se han seleccionado unos módulos fabricados por ATERSA, de 230 Wp de potencia máxima, modelo A-230p GSE . El grupo generador está formado por un total de 9 módulos policristalinos, distribuidos en 3 series de 3 módulos. La tensión de máxima potencia de cada modulo es de 29,49 VCC y la potencia máxima de 230 Wp. La garantía del fabricante es de 25 años en rendimiento y 10 años en defectos de fabricación.

| A-xxxP GSE (xxx = potencia nominal)   |                 | Materiales de construcción                |   |
|---|-----------------|---|---|
| <b>Características eléctricas</b>   |                 |   |   |
| Potencia Máxima (Pmax)  | 230 W           | Cubierta frontal (material/tipo/espesor)  | Cristal templado/grado PV/3.2 mm              |
| Tensión Máxima Potencia (Vmp)   | 29.49 V         | Células (cantidad/tipo/dimensiones)       | 60 células (6x10)/Policristalina/156 x 156 mm |
| Corriente Máxima Potencia (Imp)   | 7.81 A          | Marco (material/color)                    | Aleación de aluminio anodizado/plata          |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc)   | 36.58 V         | Caja de conexiones (protección/nº diodos) | IP65/3 diodos                                 |
| Corriente en Cortocircuito (Isc)  | 8.36 A          | Cable (longitud/sección) / Conector       | 1000 mm./4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4    |
| Eficiencia del Módulo (%)   | 14.11           |   |   |
| Tolerancia de Potencia (W)  |                 |   | 0/+5  |
| Máxima Serie de Fusibles (A)  |                 |   | 15  |
| Máxima Tensión del Sistema  |                 |   | DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)               |
| Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)  |                 |   | 46±2  |
| <small>Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).</small> |                 |   |   |
| <b>Especificaciones mecánicas</b>   |                 |   |   |
| Dimensiones (± 2.0 mm.)   | 1638x995x40 mm. |   |   |
| Peso  | 18.7 kg         |   |   |
| Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)   | 5400 Pa         |   |   |
| Máx. carga estática, posterior (viento)   | 2400 Pa         |   |   |

Figura 2: Características del módulo fotovoltaico elegido.

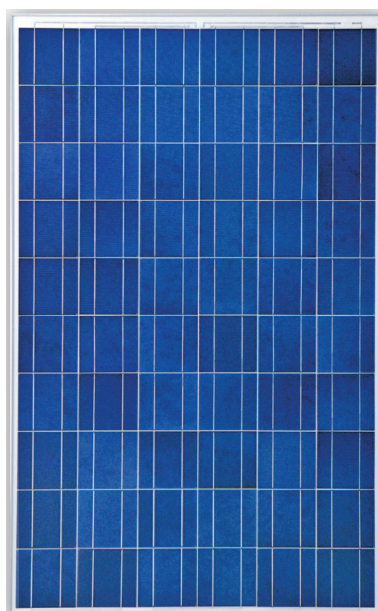


Figura 3: módulo fotovoltaico ATERSA A230p

## 1.8.2.Regulador

El regulador es el FLEX MAX 80 (FM80-150VDC) :

Las características del regulador que hemos elegido para la instalación son:

| Models*:   | FLEXmax 80 (FM80-150VDC)   |
|--|--|
| <b>Nominal Battery Voltages</b>                          | 12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)  |
| <b>Maximum Output Current</b>                            | 80A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit   |
| <b>NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate</b> | <b>12VDC systems:</b> 1000W / <b>24VDC systems:</b> 2000W<br><b>48VDC systems:</b> 4000W / <b>60VDC systems:</b> 5000W           |
| <b>PV Open Circuit Voltage (VOC)</b>                     | 150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum   |
| <b>Standby Power Consumption</b>                         | Less than 1W typical   |
| <b>Power Conversion Efficiency</b>                       | 97.5% @ 80ADC in a 48VDC System (typical)  |
| <b>Peak Efficiency</b>                                   | 60VDC input w/48V battery at 53.1VDC (98.44%)  |
| <b>Charging Regulation</b>                               | Bulk, absorption, float, silent and equalization   |
| <b>Voltage Regulation Set points</b>                     | 13 to 80VDC user adjustable with password protection   |
| <b>Equalization Charging</b>                             | Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed   |
| <b>Battery Temperature Compensation</b>                  | Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell   |
| <b>Voltage Step-Down Capability</b>                      | Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. <b>Example:</b> 72VDC array to 24VDC                      |
| <b>Programmable Auxiliary Control Output</b>             | 12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2A)                                 |
| <b>Status Display</b>                                    | 3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total  |
| <b>Remote Display and Controller</b>                     | Optional MATE3, MATE or MATE2  |
| <b>Network Cabling</b>                                   | Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)  |
| <b>Data Logging</b>                                      | <b>Last 128 days of operation:</b> amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array vol and kWh of production |
| <b>Operating Temperature Range</b>                       | -40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)   |
| <b>Environmental Rating</b>                              | Indoor Type 1  |
| <b>Conduit Knockouts</b>                                 | One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom                                     |
| <b>Warranty</b>  | Standard 5-year / Available 10-year  |
| <b>Weight (lb/kg)</b>                                    | <b>Unit:</b> 12.20 / 5.53<br><b>Shipping:</b> 15.5 / 7   |
| <b>Dimensions H x W x D (in/cm)</b>                      | <b>Unit:</b> 16.25 x 5.75 x 4.5 / 41.3 x 14.6 x 11.4<br><b>Shipping:</b> 19 x 9.5 x 8.5 / 48.3 x 24.1 x 21.6                     |
| <b>Options</b>   | Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10, MATE, MATE2, MATE3   |
| <b>Menu Languages</b>                                    | English & Spanish  |
| <b>Certifications</b>                                    | ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1  |

Figura 4: Características del regulador



Figura 5: Regulador FLEX MAX 80

### 1.8.3. Baterías

Para nuestra instalación hemos elegido una batería de plomo abierto, las cuales están especialmente diseñadas para asegurar un suministro ininterrumpido de energía durante períodos de baja irradiación solar y nocturnos. A continuación, adjuntamos ficha técnica de la batería elegida:

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Marca</b>                 | Enersys                           |
| <b>Modelo</b>                | PowerSafe                         |
| <b>Voltios</b>               | 2                                 |
| <b>Amperios (Ah)</b>         | 1500                              |
| <b>Tipo de recipiente</b>    | Monobloc Transparente             |
| <b>Tipo</b>                  | Estacionaria                      |
| <b>Aplicaciones</b>          | Solar/ Eólica/ Suministro Energía |
| <b>Referencia</b>            | TYS-10/ 10-OPzS-1000              |
| <b>Amperios en 10 Horas</b>  | 1120                              |
| <b>Peso (kg)</b>             | 76,80                             |
| <b>Amperios en 100 Horas</b> | 1500                              |
| <b>Amperios en 120 Horas</b> | 1523                              |
| <b>Tipo de placa</b>         | Tubular                           |
| <b>Tecnología</b>            | Plomo Abierto Con Mantenimiento   |
| <b>Largo (mm)</b>            | 233                               |
| <b>Ancho (mm)</b>            | 210                               |
| <b>Alto (mm)</b>             | 684                               |
| <b>Medida(mm)</b>            | 233x210x684                       |
| <b>Garantía (Meses)</b>      | 24                                |

Figura 6: Características de las baterías



Figura 7: Baterías powersafe

### 1.8.4. Inversor

El inversor elegido es el modelo PHOENIX C24/3000, desarrollado por la empresa Victron, que alcanza una eficiencia superior al máxima del 94% y tiene una potencia máxima de 6 kW.

Las características técnicas del inversor son las siguientes:

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Especificaciones eléctricas</b>  |  |
| Funcionamiento paralelo / trifásico | Si   |
| Potencia salida, cont 25°C          | 3000 VA  |
| Potencia salida, cont 25/40°C       | 2500 / 2200 W  |
| Potencia máxima (inst)              | 6000 W   |
| Voltaje de salida                   |  |
| Frecuencia de salida                |  |
| Tipo de onda                        |  |
| Eficiencia máxima 12/24/48 V        | 93 / 94 / 95 %   |
| Consumo reposo 12/24/48 V           | 15 / 15 / 16 W   |
| Consumo reposo 12/24/48 V AES       | 10 / 10 / 12 W   |
| Consumo reposo 12/24/48 V Search    | 4 / 5 / 5 W  |
| Rango de voltaje de entrada         | 9,5-17 Vcc<br>19-33 Vcc<br>38-66 Vcc   |
| Rele multifunción programable       | Rele multifunción programable Si, programable a través del interfaz MK2 y software VEConfigure                       |
| Puerto de comunicación VE.Bus       | Puerto de comunicación VE.Bus Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema |
| On / Off remoto                     | Si   |
| Protecciones                        | Cortocircuito de salida / Ondulación de Vac entrada demasiado alta   |
| <b>Especificaciones generales</b>   |  |
| Rango de temperatura                | -20 a 50 °C  |
| Toma de CA                          | Toma de CA Enchufe G-ST18/Enchufe G-ST18/Abrazadera resorte/Bornes atornillados/Bornes atornillados                  |
| Conexión a la batería               | 2+2 Pernos M8  |
| Dimensiones (mm)                    | 362x258x218  |
| Peso                                | 18 Kg  |
| Garantía                            | 5 años   |

Figura 8: Características del Inversor



Figura 9: Inversor Victron Phoenix C24/3000

### 1.8.5. Protecciones:

El sistema consta, además, de las necesarias protecciones y correspondiente instalación de puesta a tierra.

Así pues la instalación queda estructurada como sigue:

- Módulos fotovoltaicos
- Estructura soporte
- Inversores
- Líneas eléctricas de alimentación
- Cuadro general de distribución
- Puesta a tierra



### 1.8.6. Líneas eléctricas de alimentación

El tipo de conductor a emplear será unipolar no propagador de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de acuerdo con la norma UNE 21.123 - 4, especificación RV- k Cu con tensión asignada 0.6/1Kv. La caída de tensión será inferior al 1.5% en cada tramo de corriente continua (DC) y 1.5% en la parte de alterna (AC). Todas las líneas estarán protegidas debidamente. El conductor elegido para la instalación fotovoltaica es: REVIFLEX RV-k 0.6/1 Kb unipolar, cuyas características son:

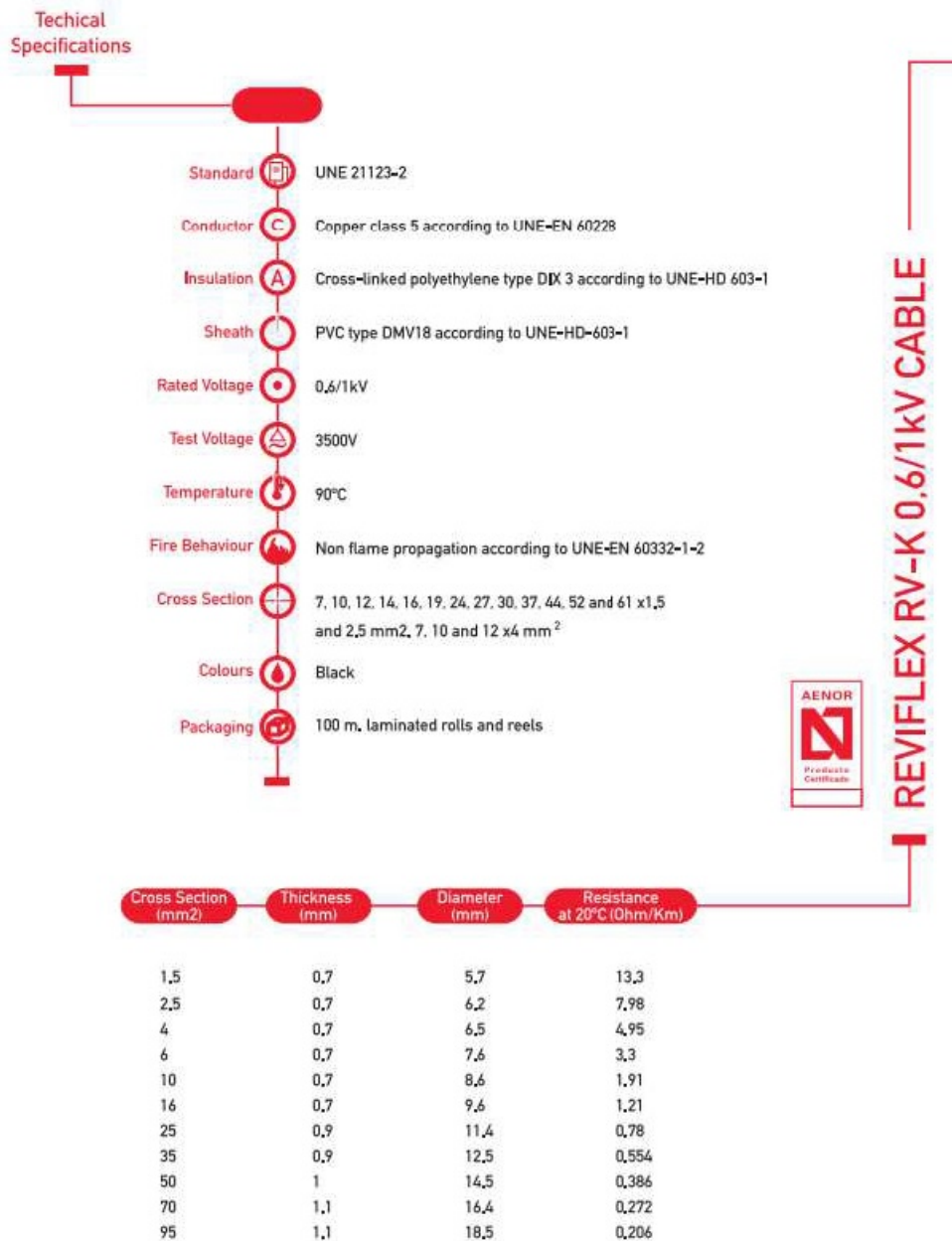


Figura 10: Características del tipo de cable elegido

Para las partes de la instalación por las que circule corriente alterna tendremos otro tipo de conductor. Para la línea de alimentación al cuadro principal de la vivienda, este conductor será del tipo: RETENAX FLEX multiconductor 0.6/1 kV.

## RETENAX FLEX



### CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama  
UNE EN 60332-1-2



Reducida emisión de halógenos  
UNE EN 50267-2-1



Resistencia a la absorción de agua



Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia a las grasas y aceites

- Norma constructiva: UNE 21123-2.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 minutos: 3500 V.

#### Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2 ; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Reducida emisión de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; Emisión CIH < 14%.

### DESCRIPCIÓN

#### CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico recocido.  
**Flexibilidad:** Flexible, clase 5 según UNE EN 60228.  
**Temperatura máxima en el conductor:** 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

#### AISLAMIENTO

**Material:** Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según HD 603-1.  
**Colores:** Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.  
 (Ver tabla de colores según número de conductores).



#### CUBIERTA

**Material:** Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18 según HD 603-1.  
**Colores:** Negro.  
 Blanco, suministrado en cajas en las secciones: 2x1.5, 2x2.5, 3G1.5, 3G2.5.

Figura 11: Características del tipo de cable elegido

### 1.8.7. Cableado eléctrico

Para la realización de este apartado hemos utilizado un procedimiento que se repite para todas las líneas de cable que hay en nuestra instalación. Dicho procedimiento consta de dos apartados de cálculo, realizando el cálculo de sección de dos formas distintas, por caída de tensión y por densidad de corriente, escogiendo en todos los casos la sección calculada que sea mas desfavorable (la de mayor sección).

El dato que determinará si la sección calculada es correcta será que el % de caída de tensión este por debajo del máximo que marca la IDAE, que en este caso será un 1'5%. Si la norma no se cumple, debemos de recalculer la sección de dicha línea.

Llevando a cabo el procedimiento de cálculo nos saldrían los siguientes diámetros de cable para las diferentes secciones de la instalación:

| Denominación      | Tensión sistema (V) | Int. Cálculo(A) | Dist.cálculo | Sección             | $e_{admisible}$ (%) | $e_{cableado}$ (%) |
|-------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| P1-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 8            | 2,5 mm <sup>2</sup> | 1,5                 | $e1(\%) = 0,87$    |
| P2-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 11           | 2,5 mm <sup>2</sup> | 1,5                 | $e2(\%) = 1,19 \%$ |
| P3-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 15           | 4 mm <sup>2</sup>   | 1,5                 | $e3(\%) = 1,02 \%$ |
| Cuad.cc.Regulador | 109,74              | 25,08           | 2            | 6 mm <sup>2</sup>   | 1,5                 | $e4(\%) = 1,46 \%$ |
| Regulador-Bat.    | 29,49               | 80              | 2            | 16 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e5(\%) = 1,21\%$  |
| Baterías-Inv      | 24                  | 125             | 3            | 50 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e6(\%) = 1,11$    |
| Inversor-Cuad-AC  | 230                 | 26,08           | 35           | 10 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e7(\%) = 1,13$    |

Tabla 2. Resumen secciones cableado

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# **Anexo 1: Cálculos dimensionado**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Índice Anexo 1

|   |    |
|---|----|
| -1. PREVISION DE CARGAS .....   | 32 |
| 1.1. Calculo de rendimiento. ....   | 34 |
| -2. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.....   | 36 |
| 2.1. Orientación e inclinación .....  | 36 |
| 2.2. Pérdidas por sombras.....  | 38 |
| 2.2.1 Sombras.....  | 38 |
| 2.3 Cálculo de Pérdidas Generales.....  | 38 |
| 2.3.1.Pérdidas por orientación en inclinación.....                                  | 38 |
| 2.3.2. Pérdidas por Sombras.....  | 41 |
| 2.3.3. Pérdidas generales totales.....  | 42 |
| -3. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....                                | 43 |
| 3.1. Parámetros necesarios.....   | 43 |
| 3.1.1. $G_{dm}(0)$ .....  | 43 |
| 3.1.2. $G_{dm}(\alpha, \beta)$ .....  | 43 |
| 3.1.3. Factor de Irradiación.....   | 44 |
| 3.1.4. Factor de sombreado.....   | 44 |
| 3.1.5. Dimensionado mínimo del generador.....                                       | 44 |
| 3.2. Cálculo del número de paneles.....   | 45 |
| 3.3. Regulador.....   | 46 |
| 3.4. Baterías.....  | 47 |
| 3.5. Inversor.....  | 49 |
| -4.CÁLCULO DE DISTANCIAS MÍNIMAS Y COLOCACIÓN DE LOS<br>PANELES EN LA CUBIERTA..... | 49 |
| 4.1 Cálculo distancias mínimas.....   | 50 |
| 4.1.1. Entre paneles.....   | 50 |
| 4.1.2. Entre los paneles y el muro.....   | 52 |
| 4.1.3. Área total.....  | 53 |
| 4.2. Tabla resumen.....   | 53 |
| -5. SOPORTE PARA MÓDULOS.....   | 54 |

## 1. PREVISION DE CARGAS

Debemos conocer es las necesidades energéticas de la vivienda o lugar. Es decir, el consumo eléctrico que tiene la vivienda. En una vivienda o cualquier tipo de edificación los consumos eléctricos pueden dividirse en 2 apartados:

Iluminación: La iluminación puede representar entre el **15 y el 20 %** de la demanda de electricidad. Cuanto eficiente más sean los aparatos de iluminación menos necesidades energéticas tendremos. Así pues, una bombilla incandescente, puede consumir 10 veces más que una de led. Se recomienda, que en toda instalación solar, sean utilizadas lámparas de muy bajo consumo.

Detallaremos el nivel de iluminación requerido para la vivienda:

| ZONA       | Potencia (W) | TIPO | Cantidad |
|------------|--------------|------|----------|
| Cocina     | 8            | LED  | 1        |
| Comedor    | 20           | LED  | 2        |
| Habitación | 8            | LED  | 2        |
| Baño       | 8            | LED  | 1        |

Tabla 3. Iluminación vivienda

**Aparatos:** Hay algunos elementos que no tienen porque funcionar con electricidad, y otros que, necesariamente son eléctricos. Comencemos a desglosar por importancia y por necesidad eléctrica:

-Frigorífico: Es uno de los aparatos fundamentales, y, aunque los hay que funcionan a gas. Creo que deben ser usados los eléctricos con alta eficiencia (Clase A++), por comodidad y menor riesgo para el hogar.

-Televisor: Aparato que existe en la inmensa mayoría de los hogares.

-Ordenador/PC: Aparato que existe en gran cantidad de hogares.

-Lavadora: Aparato cada día más extendido.

-Microondas.

-Pequeños electrodomésticos: licuadora, tostadora, cargador móvil, etc. Existen una serie de **electrodomésticos** que **no se deben colocar** en una instalación fotovoltaica aislada, a no ser que contemos con energía auxiliar (generador diesel o gasolina). Estos son los siguientes:

-Cocina vitrocerámica: Es un electrodoméstico de muy alto consumo. Puede acabar con la batería en muy poco tiempo, restando mucha energía para el resto de los consumos. Recomendable cocinar con gas o a leña, según la zona geográfica y disponibilidad.

-Termo eléctrico para agua caliente: Suelen llevar resistencias de más de 1000 W, lo cual encarece la instalación y nos quita mucha autonomía de batería.

-Horno eléctrico: Lo mismo que la vitrocerámica. Evitar a toda costa.

-Aire acondicionado: Gran consumo. Mejor usar ventilador de bajo consumo. No instalar este aparato si queremos que nuestra instalación tenga un precio asequible.

-Calefacción eléctrica: No instalar este aparato, puede ser la peor inversión en una instalación off-grid.

-Secadora: Solo si tenemos apoyo de generador.

-Lavavajillas: Este aparato es opcional, si se instala, procurar su uso con moderación.

-Bombas: Las bombas suelen tener un potente motor, que va a perjudicar por sus altos picos de potencia al resto de aparatos, además de provocar grandes picos de descarga en batería, lo cual no nos va a beneficiar. Se recomienda poner un bombeo solar, si el uso de la bomba es imprescindible.

-Otros: Cualquier aparato de consumos superiores a 200-300 W, deberíamos plantear si es necesario o tenemos alguna alternativa.

Una vez tengamos claro los aparatos a utilizar y conozcamos su potencia, debemos **estimar las horas de funcionamiento diario**.

En primer lugar debemos de identificar nuestros consumos diarios, para conocer la energía diaria que necesitaremos en el peor de los casos.

En la tabla de **definición de consumos**, utilizamos la descripción del aparato, las unidades y la potencia en W de cada unidad. Además, tendremos que estimar las horas que se usa cada consumo al día. Seguidamente, deberemos de identificar la **tensión** que queremos para nuestros consumos. Es decir si queremos alimentarnos con **corriente alterna (AC)** o con **corriente continua (DC)**.

Si los consumos son muy pequeños, solamente de iluminación y poco más, se puede alimentar el sistema con corriente continua, no teniendo la necesidad de incorporar un inversor u ondulator DC/AC. Cabe añadir, que estos sistemas tienen mayores pérdidas, necesitan de mayor grosor de cableado, y tienen mayor riesgo para las personas.

Si los consumos son diarios y van más allá de la iluminación, será conveniente elegir un sistema con corriente alterna, conforme a la tensión del país donde nos encontremos (110-230 V/AC).

El **rendimiento** de los aparatos, va a depender de su eficiencia. Normalmente los electrodomésticos están clasificados de la A a la G. Por lo general el rendimiento estará entre el 85 y el 95 %.

Para el cálculo del consumo teórico diario de la vivienda utilizaremos la siguiente fórmula:

$$E_D = \frac{n^{\circ} \cdot P \cdot n^{\circ} \text{ horas al día}}{\text{Rendimiento}}$$

| Tabla de definición de consumos |        |                  |       | Tensión |       | Rdto  | Energía teórica diaria |
|---------------------------------|--------|------------------|-------|---------|-------|-------|------------------------|
| Descripción                     | Unidad | Potencia (W)/Ud. | Horas | AC/DC   | V(AC) | V(DC) | Wh/día                 |
| ILUM Comedor                    | 2      | 20               | 5     | AC      | 230   | 24    | 222,22                 |
| ILUM Baños                      | 1      | 8                | 5     | AC      | 230   | 24    | 44,44                  |
| ILUM Cocina                     | 1      | 8                | 1     | AC      | 230   | 24    | 8,89                   |
| ILUM habitaciones               | 2      | 8                | 1     | AC      | 230   | 24    | 17,78                  |
| Lavadora                        | 1      | 600              | 1     | AC      | 230   | 24    | 666,67                 |
| Microondas                      | 1      | 450              | 0,1   | AC      | 230   | 24    | 50                     |
| Televisor                       | 1      | 70               | 4     | AC      | 230   | 24    | 311,11                 |
| Nevera                          | 1      | 30               | 24    | AC      | 230   | 24    | 800                    |
| Total                           |        |                  |       |         |       |       | 2121,11                |

Tabla 4. Consumos diarios de la vivienda

Sumando todos los consumos de los diversos aparatos electrónicos que utilizaremos en nuestra vivienda obtenemos que:

$$E_D = 2121,11 \text{ Wh/día}$$

Para la obtención de la energía que utilizaremos como parámetro de dimensionamiento de nuestra instalación fotovoltaica, debemos calcular el rendimiento de la instalación o Performance Ratio (PR), que obtendremos en el siguiente apartado.

### 1.1. Cálculo de rendimiento.

El rendimiento de la instalación, nos va a permitir calcular la energía real diaria, mediante la obtención de un coeficiente corrector en % sobre la energía teórica. También se suele llamar "**performance ratio**", y es un coeficiente que se obtiene de estimar todas las pérdidas posibles.

Existen multitud de variables a considerar para la estimación del rendimiento de la instalación. Al tratarse de instalaciones aisladas, y para simplificar los cálculos, yo suelo utilizar las siguientes variables:

- Coeficiente pérdidas en batería: Son las pérdidas ocasionadas en el proceso de carga y descarga de la propia batería. (+/- 5 %).
- Coeficiente auto descarga batería: Son las pérdidas de la batería en reposo (+/- 0,5 %).
- Profundidad de descarga batería: Se trata del nivel de descarga a la que sometemos a la batería, a menor profundidad de descarga mayor rendimiento (Entre el 50 y el 80 %).



- Coeficiente pérdidas conversión DC/AC: Son las pérdidas ocasionadas por el inversor u ondulador, que dependerán de la eficiencia de este equipo (Entre el 5 y el 8 %).
- Coeficiente pérdidas cableado: Estas pérdidas dependerán de la longitud y de la sección de los cables. Habrá que dedicar un post completo a este tema, pero como norma general, podemos aplicar un 5 %.
- Autonomía del sistema: Se trata del tiempo de autonomía que dotaremos a nuestra batería. A mayor tiempo, batería de mayor capacidad y mas fiabilidad del sistema. Para instalaciones sin apoyo de generador auxiliar, la autonomía, según el pliego de condiciones de la IDAE deberá ser superior a 3 días.

| Parámetros de dimensionado del rendimiento o PR |         |      |
|---|---------|------|
| Coeficiente de pérdidas en batería              | Kb      | 5%   |
| Coeficiente de autodescarga batería             | Ka      | 0,5% |
| Profundidad de descarga batería                 | PD      | 0,6  |
| Coeficiente de pérdidas conversión DC/AC        | Kc      | 8%   |
| Coeficiente de pérdidas cableado                | Kv      | 5%   |
| Autonomía del sistema                           | N(días) | 4    |
| Rendimiento General                             | R       | -    |

Tabla 5. Performance ratio

$$R(\%) = 1 - \left( \frac{(1 - Kb - Kc - Kv) \cdot Ka \cdot N}{PD} \right) - Kb - Kc - Kv$$

Haciendo los cálculos nos da:

$$R(\%) = 79,3\%$$

Calculando este parámetro, en resumen, intentamos obtener una cifra de energía lo más real posible, para calcular nuestras necesidades de almacenamiento, de potencia máxima, y de campo fotovoltaico. Teniendo en cuenta la norma, el Pliego técnico de condiciones de la IDAE, en instalaciones que contengan batería e inversor se utilizará un PR= 0,6. Por tanto:

$$E_D = \frac{2121,11 \text{ Wh/día}}{0,6} = 3535,18 \text{ Wh/día}$$

## 2.ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

### 2.1. Orientación e inclinación

La orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos son uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta, ya que, una mala elección de los mismos nos conduciría a un incorrecto aprovechamiento del recurso a utilizar en este tipo de instalaciones, que es la energía solar fotovoltaica. Los parámetros que debemos tener en cuenta son los siguientes:

-Ángulo de inclinación ( $\beta$ ):

Se define como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es  $0^0$  para módulos horizontales y  $90^0$  para módulos verticales.

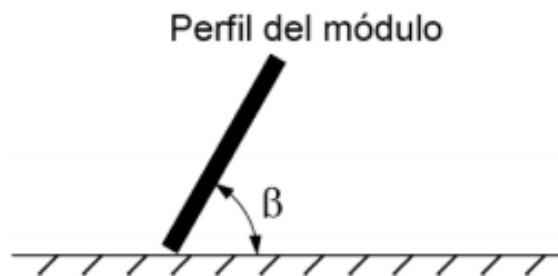


Figura 12: Ángulo de inclinación ( $\beta$ ) paneles fotovoltaicos

El cálculo de este ángulo puede variar según el tipo de inclinación: inclinación fija ( $\beta$  no varía durante el año, lo que conlleva menor rendimiento de la instalación) o inclinación ajustable ( $\beta$  varía durante el año, lo que supone mayor rendimiento).

El tipo de instalación a llevar a cabo es de ángulo fijo, el cual es determinado en este proyecto a partir de la ecuación de Charles Landau:

|  |     |
|--|-----|
| $\beta = \text{Latitud del lugar} * 0,76 + 3,1^{\circ} [^{\circ}]$                 | [1] |
| $\beta = 28'571193^{\circ} * 0,76 + 3,1^{\circ} = 24,814^{\circ} \cong 25^{\circ}$ |     |

Debido a la dificultad del diseño, y la cercanía a una de las inclinaciones estándar más utilizadas, elegimos:

$$\beta = 30^\circ$$

Las instalaciones con inclinación ajustable se realizan en situaciones geográficas donde existe una gran diferencia entre las dos estaciones principales del año, verano e invierno. Debido a que Canarias recibe abundante radiación solar durante todo el año no es necesario llevar a cabo una instalación de este tipo.

Ángulo de orientación ( $\alpha$ ): También conocido como ángulo de acimut, se define como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son  $0^\circ$  para módulos orientados al Sur,  $-90^\circ$  para módulos orientados al Este y  $+90^\circ$  para módulos orientados al Oeste. Ver Figura 3.

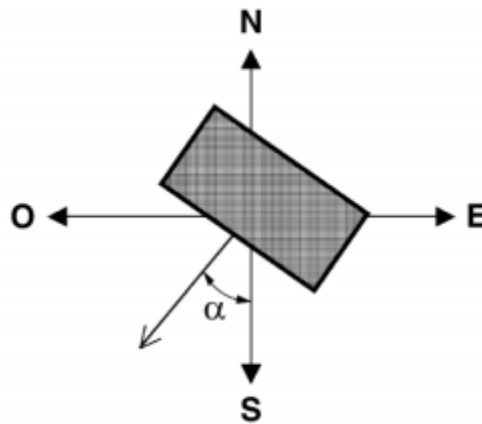


Figura 13: Ángulo de orientación ( $\alpha$ ) paneles fotovoltaicos

En este caso el ángulo de orientación elegido es  $0^\circ$ , ya que, la casa está perfectamente situada para que en su cubierta estén situados los módulos con esta orientación.

## 2.2. Pérdidas por sombras

### 2.2.1. Sombras (*S*)

Las sombras implican, junto con los ángulos de orientación e inclinación, una de las partes más relevantes de una instalación solar, ya que, la existencia de cualquier obstáculo puede arruinar la producción de energía eléctrica.

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las pérdidas por sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2, la cual se muestra a continuación:

|                               | Orientación<br>Inclinación ( <i>OI</i> ) | e Sombras ( <i>S</i> ) | Total ( <i>OI</i> + <i>S</i> ) |
|-------------------------------|--|------------------------|--------------------------------|
| General                       | 10%                                      | 10%                    | 15%                            |
| Superposición                 | 20%                                      | 15%                    | 30%                            |
| Integración<br>arquitectónica | 40%                                      | 20%                    | 50%                            |

Tabla 6. Límites-Pérdidas por sombras

Respecto a este apartado solamente se comprobará que las pérdidas generales se encuentran por debajo de los límites estipulados.

Tipos de instalaciones:

**Orientación ( $\alpha = 0^\circ$  Sur)**

**Inclinación ( $\beta = 30^\circ$ )**

## 2.3. Cálculo de Pérdidas generales

### 2.3.1. Pérdidas por orientación en inclinación (*OI*)

El Código Técnico Edificación (CTE), el cual se ha utilizado para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación, proporciona una figura (Figura4) en la que se tienen en cuenta pérdidas por orientación e inclinación. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima para una instalación situada a latitud  $\theta = 41^\circ$ .

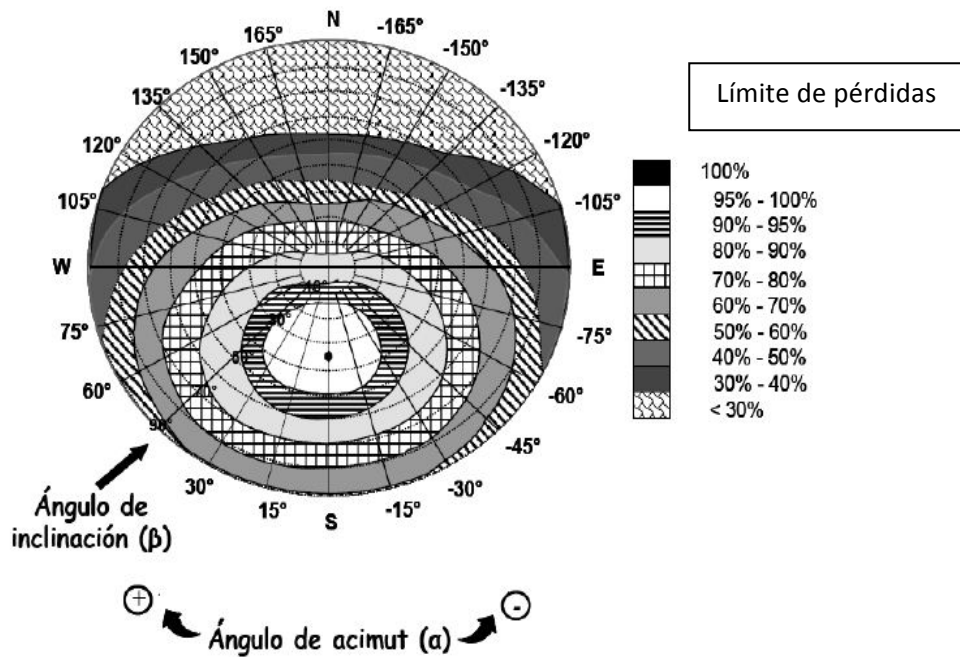


Figura 14: Pérdidas por orientación e inclinación

El procedimiento de cálculo consiste en obtener gráficamente de la Figura 4 para un determinado límite de pérdidas, los cuales se muestran a la derecha de la figura, dos tipos de ángulos de inclinación: ángulo de inclinación máxima y ángulo de inclinación mínima. Para ello se traza la recta de acimut de nuestra instalación, se observa dónde corta con los límites de pérdidas establecidos y se proyectan líneas circulares para ver qué ángulo de inclinación se tiene, siendo el menor ángulo la inclinación mínima y el mayor la inclinación máxima.

No obstante, el CTE mediante este ejemplo solamente proporciona los valores de inclinación máxima y mínima para latitud  $\theta = 41^\circ$ , que es la latitud sobre la cual se ha realizado la figura. Sin embargo, también proporciona dos fórmulas mediante las cuales se corregirán los valores de inclinación entre la latitud del lugar de estudio (proyecto a realizar) y la latitud sobre la cual se ha desarrollado el ejemplo.

$$\beta_{m\acute{a}xima} = \text{Inclinaci3n (mayor \acute{a}ngulo)} - (41^\circ - \text{Latitud}) [^\circ] \quad [2]$$

$$\beta_{m\acute{i}nima} = \text{Inclinaci3n (menor \acute{a}ngulo)} - (41^\circ - \text{Latitud}) [^\circ] \quad [3]$$

A continuación, se calcula cuáles son ángulos de inclinación máxima y mínima para las dos instalaciones objeto de estudio para un límite de pérdidas del 10%. (Pérdida por orientación e inclinación-Caso general).

En nuestro caso: orientación ( $\alpha = 0^\circ$  Sur) e Inclinación ( $\beta = 30^\circ$ )

Conocido el acimut, cuyo valor es  $0^\circ$  Sur, se determina en la Figura 5 proporcionada por CTE los límites de inclinación para el caso de  $\theta = 41^\circ$ . Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10% (borde exterior de la región 90-95%), máximo para el caso general, con la recta de acimut proporcionan los siguientes valores:

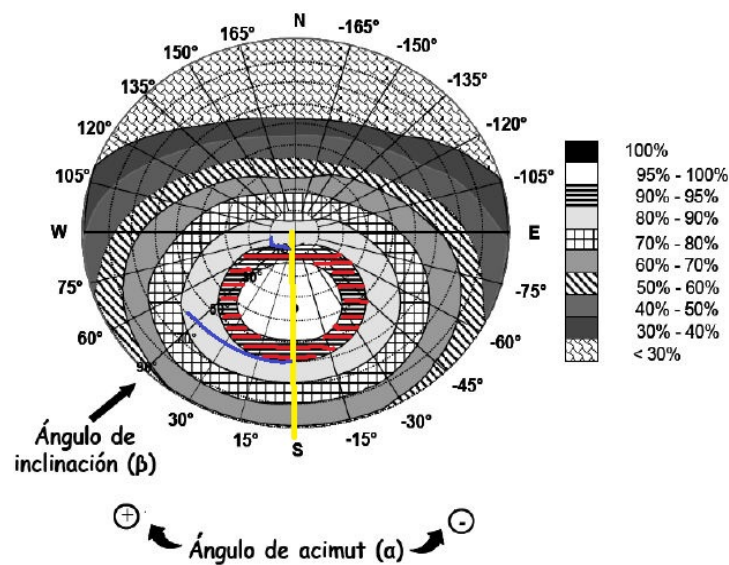


Figura 15: Pérdidas por orientación ( $\alpha = 0^\circ$  Sur) e inclinación ( $\beta = 30^\circ$ )

-Inclinación máxima =  $60^\circ$

-Inclinación mínima =  $7^\circ$

Corrigiendo para latitud del lugar: Tenerife  $\rightarrow \theta = 28^\circ$ .

$$\beta_{m\acute{a}xima} = \text{Inclinación (mayor ángulo)} - (41^\circ - \text{Latitud}) = 60^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = 47^\circ \quad (2)$$

$$\beta_{m\acute{í}nima} = \text{Inclinación (menor ángulo)} - (41^\circ - \text{Latitud}) = 7^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = -6^\circ \quad (3)$$

Por tanto, el ángulo fijado para nuestra instalación,  $\beta = 30^\circ$ , cumple los requisitos de pérdidas por orientación en inclinación al encontrarse dentro de la inclinación máxima ( $\beta_{m\acute{a}xima}$ ) e inclinación mínima ( $\beta_{m\acute{i}nima}$ ).

$$\beta_{m\acute{i}nima} = -6^\circ < \beta = 30^\circ < \beta_{m\acute{a}xima} = 47^\circ$$

Esto implica que el límite de las pérdidas del 10%, máximo para el caso general, se cumple.

$$\text{P\acute{e}rdidas por orientaci3n e inclinaci3n (OI)} < 10\%$$

### 2.3.2. P\acute{e}rdidas por sombras (S)

El procedimiento para determinar las p\acute{e}rdidas por sombras consiste en la comparaci3n del perfil de obst\aculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol.

Por regla general, el m\acute{e}todo a seguir es:

- 1) Obtenci3n del perfil de obst\aculos: Localizar los principales obst\aculos que afectan a la superficie. En t\erminos de sus coordenadas de posici3n de acimut y elevaci3n.
- 2) Utilizar el diagrama de trayectorias del Sol para representar el perfil de obst\aculos. V\alido para la Pen\insula Ib\erica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse  $12^\circ$  en sentido vertical ascendente). Ver “Figura 5. Diagrama de trayectorias del Sol”.

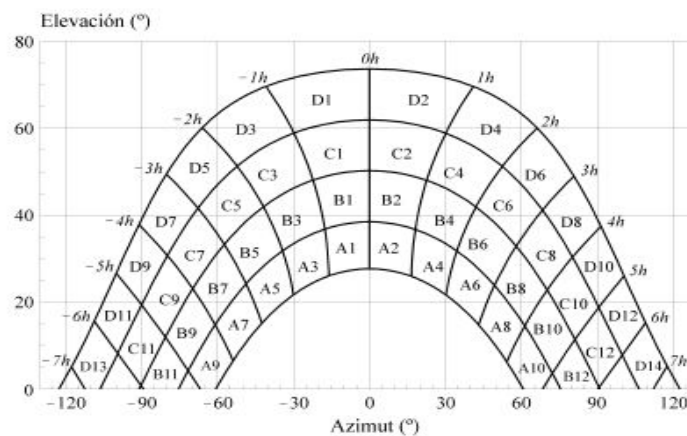


Figura 16: Diagrama de trayectorias del Sol

- 3) Selecci3n de la tabla de referencia para los c\alculos.

Las porciones de la figura 5 representan el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Si un obstáculo cubre unas de estas porciones esto implica una pérdida de irradiación solar.

Según la porción que se cubra, esta tendrá un valor determinado y según como el obstáculo la cubra se multiplicará por un factor de llenado que va desde 0.25 a 1 en intervalos de 0.25, siendo; 1-obstáculo que cubre totalmente la porción (máximo) y 0.25- obstáculo que cubre levemente la porción (mínimo).

Los valores de las contribuciones a la irradiación solar vienen recogidos en el Anexo III de la IDAE.

### 2.3.3. Pérdidas generales totales

Las pérdidas generales totales son la suma de las pérdidas por orientación e inclinación ( $OI$ ) más las pérdidas por sombras( $S$ ), estas son las más relevantes en una instalación fotovoltaica. No obstante, en este proyecto las pérdidas originadas por sombras( $S$ ) será cero ya que no existe ningún elemento arquitectónico que afecte la irradiación solar recibida por ambas instalaciones fotovoltaicas. Por tanto:

$$\text{Pérdidas por sombras } (S) = 0\%$$

Finalmente, se concluye que las pérdidas totales ( $OI+S$ ) para el caso general en ambas instalaciones se encuentra por debajo del porcentaje establecido, ver Tabla 3.

|         | Orientación e Inclinación ( $OI$ ) | Sombras ( $S$ ) | Total ( $OI + S$ ) |
|---------|------------------------------------|-----------------|--------------------|
| General | 10%                                | 10%             | 15%                |

Tabla 7. Pérdidas generales

Orientación ( $\alpha = 0^\circ$  Sur) e Inclinación ( $\beta = 30^\circ$ ):

$$\text{Pérdidas por orientación e inclinación } (OI) < 10\%$$

$$\text{Pérdidas por sombras } (S) = 0\%$$

$$\text{Pérdidas por sombras } (OI + S) < 15\%$$



### 3. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

#### 3.1. Parámetros necesarios

##### 3.1.1. $G_{dm}(0)$ :

Valor medio mensual o anual de la irradiación diaria sobre la superficie horizontal en  $kWh/m^2 \cdot día$ . Valor que sacamos de la estación agrometeorológica de Taganana, zona más cercana a la vivienda, cuyos datos de radiación se pueden obtener fácilmente de [agrocabildo.org](http://agrocabildo.org):

| Mes        | $G_{dm}(0) \left( \frac{kWh}{m^2 \cdot día} \right)$ |
|------------|--|
| Enero      | 2,750  |
| Febrero    | 2,430  |
| Marzo      | 3,545  |
| Abril      | 3,810  |
| Mayo       | 4,3349   |
| Junio      | 5,2688   |
| Julio      | 4,540  |
| Agosto     | 4,2821   |
| Septiembre | 4,428  |
| Octubre    | 3,056  |
| Noviembre  | 2,569  |
| Diciembre  | 2,2268   |

Tabla 8. Valores de Radiación media mensual

Teniendo en cuenta esta tabla, debemos dimensionar nuestro sistema para el mes más desfavorable de radiación, en el que habrían menos horas pico, que en este caso sería el mes de Diciembre:

$$G_{dm}(0)(Diciembre) = 2,2268 \frac{kWh}{m^2 \cdot día}$$

Si  $G_{dm}(0)(Diciembre)$  lo multiplico por 1 kW, obtendría las horas en las que mi sistema estaría trabajando a pleno rendimiento, llamadas horas pico, cuyo valor sería **HSP (horas de sol pico) = 2,2268 h/día**

##### 3.1.2. $G_{dm}(\alpha, \beta)$ :

Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en  $kWh/m^2 \cdot día$  y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado.

$$G_{dm}(\alpha + \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

Donde :

$$K (\text{Diciembre})=1,7$$

### 3.1.3. FI : Factor de irradiación.:

Porcentaje de radiación incidente para un generador de orientación e inclinación  $(\alpha + \beta)$  respecto a la correspondiente para una orientación e inclinación óptimas  $(\alpha = 0^\circ, \beta_{opt})$ . Las pérdidas de radiación respecto a la orientación e inclinación óptimas vienen dadas por  $1-FI$ .

Para nuestro caso:

$$\beta_{opt} = \text{Latitud} + 10 = 28,5709 + 10 = 38,6^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5}\alpha^2]$$

Realizando los cálculos nos queda:

$$FI = 0,9912$$

### 3.1.4. FS: Factor de sombreado.

Porcentaje de radiación incidente sobre el generador respecto al caso de ausencia total de sombras. Las pérdidas por sombreado vienen dadas por  $1-FS$ .

$$FS = 1 \text{ (En ausencia de sombras)}$$

Con lo que  $G_{dm}(\alpha, \beta)$  nos quedaría:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS = 2,2268 \frac{kWh}{m^2 \text{ día}} \cdot 1,7 \cdot 0,9912 \cdot 1 = 3,7522 \frac{kWh}{m^2}$$

### 3.1.5 $P_{mp,min}$ :

Dimensionado del generador. El dimensionado mínimo del generador, en primera instancia, se realizará de acuerdo con los datos anteriores, según la expresión:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha + \beta) \cdot PR} = \frac{3,53518 \frac{kWh}{día} \cdot 1 \frac{kWh}{m^2}}{3,7522 \frac{kWh}{m^2} \cdot 0,6} = 1,571 \text{ kWp}$$

### 3.2. Cálculo del número de paneles.

| <b>ATERSA A-2309 GSE</b>  |                   |
|---|-------------------|
| <b>P nominal</b>  | 230W <sub>p</sub> |
| <b>Corriente Punto de máxima potencia (<math>I_{mp}</math>)</b> | 7,81 A            |
| <b>Tensión Punto de máxima potencia (<math>V_{mp}</math>)</b>   | 29,49 V           |
| <b>Corriente de CortoCircuito (<math>I_{sc}</math>)</b>         | 8,36 A            |
| <b>Tensión de circuito abierto</b>                              | 36,58 V           |
| <b>Eficiencia del módulo</b>                                    | 14,11 %           |

Tabla 9. Características del módulo elegido

Para calcular el número de módulos posibles que vamos a instalar, debemos tener en cuenta el regulador que hayamos elegido, ya que, la suma los voltajes de los módulos en serie no podrá superar la tensión de trabajo máxima de dicho regulador. Si nuestro regulador, nombrado anteriormente, tenía una tensión máxima de trabajo de 150 V y la corriente de circuito abierto de nuestros módulos es 36,58 V:

$$N_{SERIE} = \frac{150 \text{ V}}{36,58 \text{ V}} = 4,10 \text{ módulos}$$

Según este dato, nuestro regulador, no podrá soportar más de 4 módulos conectados en serie, lo cual nos lleva a la solución de conectar varias filas de módulos en paralelo. Si conectamos los módulos en paralelo, se sumaría el amperaje de cada módulo, por tanto también debemos tener en cuenta el la corriente máxima que soporta nuestro regulador. Dicha corriente máxima tiene un valor de 80 A.

Para calcular el número de módulos mínimo debemos tener en cuenta el consumo diario de la vivienda, las HSP y el tipo de módulo que queremos instalar.

$$N_{\text{módulos totales}} = \frac{\text{Consumo diario}}{HSP \cdot \text{rendimiento de trabajo} \cdot P_{\text{pico módulo}}}$$

El rendimiento de trabajo de los módulos fotovoltaicos tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,8).

$$N_{\text{módulos totales}} = \frac{3535'18 \text{ Wh/día}}{2'2268 \text{ h/día} \cdot 0'8 \cdot 230 \text{ Wp}} = 8,62 \text{ módulos}$$

Supongamos que ponemos 3 ramas en paralelo de 3 módulos en serie, tendríamos 9 módulos en total, si tenemos que la corriente máxima es del regulador es 80 A y la corriente de cortocircuito de nuestros módulos es 8,36 A, tendríamos entonces:

**Voltaje instalación : 3 x 36,58 V = 109,74 V < tensión máxima de trabajo del regulador**

**Corriente instalación : 9 x 8,36 A = 75,24 A < 80 A**

Con lo cual tendríamos en esta disposición un total de 9 módulos y con una potencia total:

$$P_{Tot} = 9 \text{ módulos} \times P_{\text{nominal módulos}} = 9 \cdot 230 = 2070 \text{ Wp}$$

### 3.3. Regulador

Las necesidades de potencia fotovoltaica, también dependen directamente de la eficiencia del regulador de carga. Un regulador del tipo MPPT, con eficiencias del 98-99 %, en algunos casos puede hacer que se precise de uno o varios módulos de menos (dependiendo de la dimensión del sistema) que si utilizásemos un regulador convencional del tipo PWM con eficiencias entre el 75-80 %.

| PARÁMETROS DIMENSIONADO REGULADOR                 |          |         |
|---|----------|---------|
| <b>Tensión sistema</b>                            | $V_s$    | 24 V    |
| <b>Tensión módulos Circuito Abierto</b>           | $V_{oc}$ | 36,58 V |
| <b>Tensión módulos máx.potencia</b>               | $V_{mp}$ | 29,49 V |
| <b>Intensidad módulo Punto de máxima potencia</b> | $I_{mp}$ | 7,81 A  |
| <b>Intensidad módulo de CortoCircuito</b>         | $I_{sc}$ | 8,36 A  |
| <b>Nº módulos en serie a instalar</b>             | -        | 3       |
| <b>Nº módulos en paralelo a instalar</b>          | -        | 3       |
| <b>Total módulos</b>                              | -        | 9       |

Tabla 10. Datos dimensionado Regulador

De manera que teniendo en cuenta lo anterior y las necesidades de la instalación, como se ha comentado antes, ha sido seleccionado el siguiente regulador:

**OUTBACK FlexMax 80A - 24V**

| REGULADOR                 |                             |         |
|---------------------------|-----------------------------|---------|
| <b>Tipo</b>               |                             | MPPT    |
| <b>Marca</b>              |                             | OUTBACK |
| <b>Tensión</b>            | <b>V</b>                    | 24 V    |
| <b>Voltaje máximo</b>     | <b><math>V_{MP}</math></b>  | 150 V   |
| <b>Potencia nominal</b>   | <b><math>P_{max}</math></b> | 2000 W  |
| <b>Consumo propio</b>     | <b>I</b>                    | 35 Ma   |
| <b>Capacidad de carga</b> | <b><math>I_{MP}</math></b>  | 80 A    |
| <b>Nº de Reguladores</b>  |                             | 1 ud    |
| <b>Rendimiento</b>        |                             | 97,5%   |

Tabla 11. Características Regulador

### 3.4. Baterías

En el cálculo del conjunto de baterías de la instalación debemos tener en cuenta una serie de factores. Uno de ellos y el más importante de todos sería el número de días de autonomía; el Pliego Técnico de condiciones de la nos recomienda dimensionar como mínimo a 3 días, optándose para nuestro caso un número de días de autonomía de 4.

Como hemos indicado anteriormente, nuestra instalación trabaja a 24 V.

Entonces:

| PARÁMETROS DIMENSIONADO BATERIAS               |  |
|--|--|
| <b>Profundidad de descarga máxima (PD máx)</b> | 0,3  |
| <b>Autonomía</b>                               | 4días  |
| <b>Rendimiento inversor</b>                    | 0,94   |
| <b>Rendimiento regulador,baterías</b>          | 0,975  |
| <b>Consumo diario de la carga</b>              | $L_D = \frac{E_d}{V_{nom}} = \frac{3,53518 kW}{24v}$ |
| <b>Capacidad nominal del acumulador</b>        | $C_{20}$   |

Tabla 12. Datos dimensionado baterías

Con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{C_{20} \cdot PD_{máx}}{L_D} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{r,b}$$

Obtenemos despejando que la capacidad nominal a 20 horas del acumulador sería:

$$C_{20} = 1071,46 A$$

Como nuestro sistema es a **24 v** y tenemos que cada vaso es de **2 v**:

$$N^{\circ} \text{ elementos en serie} = \frac{24v}{2v} = 12 \text{ unidades}$$

La gran mayoría de las baterías en sus fichas técnicas, viene dada la capacidad nominal a 100 horas y a 10 horas. Para convertir o de alguna manera tener una relación entre un dato  $C_{20}$  y otro  $C_{100}$  :

$$\frac{C_{100}}{C_{20}} = 1,25 \quad \frac{C_{100}}{C_{10}} = 1,34$$

Por tanto la capacidad nominal mínima en  $C_{100} = 1339,325 \text{ Ah}$  y  $C_{10} = 999,49 \text{ Ah}$

Como nuestro sistema es de 24 V, y queremos conectar en serie, deberíamos elegir una batería que tuviera 12 vasos de 2 voltios.

La batería escogida es **ECOSAFE TYS 10**:

| Características del acumulador |                     |                           | Capacidad Nominal (Ah)                  |  |  | Dimensiones |            |            |            |            |             | Peso con electrolito |              | Peso sin electrolito |              | Electrolito Volumen (Litro) |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------|---|--|--|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|-----------------------------|
| Modelo                         | Tensión nominal (V) | Número de bornes por polo | Valor de 10 horas hasta 1.80 Vpe @ 25°C | Valor de 120 horas hasta 1.85 Vpe @ 25°C | Valor de 240 horas hasta 1.90 Vpe @ 25°C | Longitud    |            | Ancho      |            | Altura     |             | kg                   | lbs          | kg                   | lbs          |                             |
| TV55                           | 2                   | 1                         | 390                                     | 530                                      | 507                                      | 124         | 4.9        | 206        | 8.1        | 505        | 19.9        | 29.7                 | 65.5         | 21.5                 | 47.4         | 6.6                         |
| TY55                           | 2                   | 1                         | 590                                     | 802                                      | 768                                      | 145         | 5.7        | 206        | 8.1        | 684        | 26.9        | 43.9                 | 96.8         | 29.9                 | 65.9         | 11.3                        |
| TY56                           | 2                   | 1                         | 670                                     | 915                                      | 866                                      | 145         | 5.7        | 206        | 8.1        | 684        | 26.9        | 47.7                 | 105.2        | 34.0                 | 75.0         | 11.0                        |
| TY58                           | 2                   | 1                         | 900                                     | 1220                                     | 1155                                     | 191         | 7.5        | 210        | 8.3        | 684        | 26.9        | 62.7                 | 138.3        | 44.7                 | 98.5         | 14.5                        |
| <b>TY510</b>                   | <b>2</b>            | <b>1</b>                  | <b>1120</b>                             | <b>1523</b>                              | <b>1444</b>                              | <b>233</b>  | <b>9.1</b> | <b>210</b> | <b>8.3</b> | <b>684</b> | <b>26.9</b> | <b>76.8</b>          | <b>169.4</b> | <b>54.5</b>          | <b>120.2</b> | <b>18.0</b>                 |
| TY512                          | 2                   | 1                         | 1340                                    | 1825                                     | 1730                                     | 275         | 10.8       | 210        | 8.3        | 684        | 26.9        | 91.0                 | 200.7        | 64.2                 | 141.5        | 21.6                        |
| TZ512                          | 2                   | 2                         | 1710                                    | 2335                                     | 2198                                     | 275         | 10.8       | 210        | 8.3        | 829        | 32.6        | 117.6                | 259.3        | 84.0                 | 185.2        | 27.1                        |
| TZ513                          | 2                   | 3                         | 1940                                    | 2640                                     | 2507                                     | 399         | 15.7       | 214        | 8.4        | 813        | 32.0        | 147.1                | 324.4        | 97.9                 | 215.8        | 39.7                        |

Tabla 13. Características baterías

### 3.5. Inversor

El inversor elegido ha sido el Victron PHOENIX C24/3000, mencionado ya anteriormente, y desglosado sus características:

| <b>INVERSOR</b>                 |          |
|---------------------------------|----------|
| <b>Tensión sistema DC (Vcc)</b> | 24 V     |
| <b>Tensión salida AC (Vac)</b>  | 230 V    |
| <b>Rendimiento inversor</b>     | 0,94     |
| <b>Pico de potencia</b>         | 6000 W   |
| <b>Consumo en vacío</b>         | 15W      |
| <b>Nº inversores</b>            | 1 Unidad |

Tabla 14. Características Inversor

## 4. CÁLCULO DE DISTANCIAS MÍNIMAS Y COLOCACIÓN DE LOS PANELES EN LA CUBIERTA

Para la instalación de los módulos no solo resulta importante la elección correcta de la orientación e inclinación para asegurar el mejor aprovechamiento de luz solar y evitar pérdidas por sombras, sino que también resulta importante la elección correcta en la distancia entre los módulos y la de los muros con ellos. El cálculo de esta distancia evita posibles pérdidas por sombras.

La distancia mínima entre los módulos o paneles en una instalación fotovoltaica viene recogida en la siguiente fórmula:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(67^\circ - \text{latitud del lugar})} [\text{m}]$$

Dónde:

$d = \text{distancia mínima [mm]}$

$h = \text{altura de los paneles fotovoltaicos respecto al suelo [mm]}$

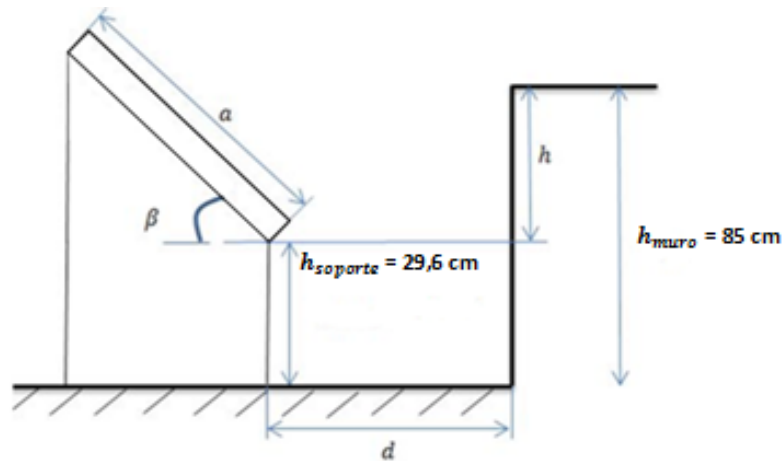


Figura 17: Distancia mínima ( $d$ ) entre los paneles

## 4.1. Cálculo distancias mínimas ( $d$ )

### 4.1.1. Entre paneles

El reparto de los 9 módulos fotovoltaicos será de 3 filas de 3 paneles. El soporte que vamos a utilizar (SUNFER...), tiene una altura de 0,296 m respecto al suelo.

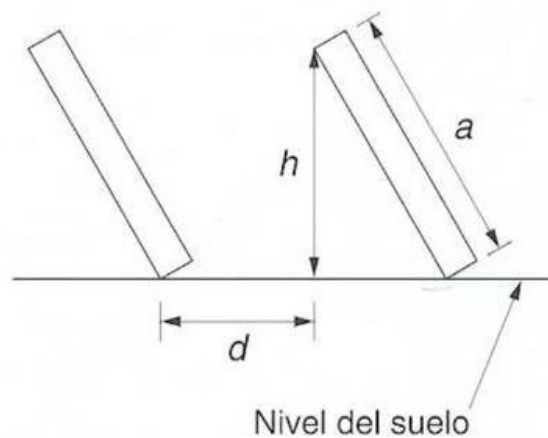


Figura 18: Distancias mínimas A

Los paneles irían colocados de una forma similar a la siguiente imagen, en la que vemos que los paneles están en horizontal y no en vertical.





Figura 19: Colocación paneles

Se ha optado por la posición horizontal para que en caso de sombras parciales, no deje de funcionar el módulo completo, esto se debe a la configuración interna del mismo. De este modo, se consigue disminuir la probabilidad de picos y aportes irregulares de tensión e intensidad de cada una de las ramas fotovoltaicas.

| Dimensiones | Unidades[mm] |
|-------------|--------------|
| Largo       | $l=1638$     |
| Ancho       | $a=995$      |
| Espesor     | $e=40$       |

Tabla 15. Medidas módulo

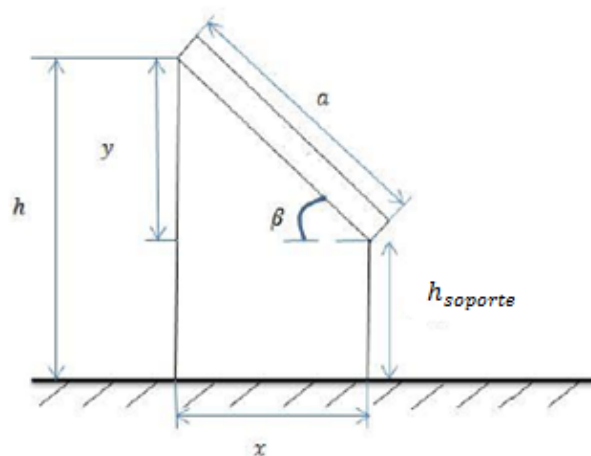


Figura 20: Distancias mínimas B

$$\text{sen } \beta = \frac{y}{a} \rightarrow y = \text{sen } \beta \cdot a = \text{sen } (30^\circ) \cdot 1638 \text{ mm} \rightarrow y = 819 \text{ mm}$$

$$h = h_{\text{soporte}} + y = 0,296 + 0,819 = 1,115 \text{ m}$$

$$d = \frac{h}{\text{tg}(67^\circ - \text{latitud del lugar})} = \frac{1115}{\text{tg}(67^\circ - 28^\circ)} = 1376,91 \text{ mm}$$

#### 4.1.2. Entre los paneles y muro

Como consecuencia de que tenemos un muro perimetral en la cubierta que tiene 85 cm de altura, esta distancia sí que debemos considerarla, ya que, un mal posicionamiento del soporte podría provocarnos unas pérdidas por sombras inesperadas en el diseño.

La solución consiste simplemente en elevar la estructura encargada de sustentar los soportes respecto a la altura de los muros.

El proveedor de soportes que hemos elegido, nos ha dado dos opciones sin carga de

Teniendo en cuenta que el soporte a utilizar, deja una altura entre el panel y el suelo de unos 29,6 cm, la distancia que debería tener el panel respecto al muro se calcularía de la siguiente manera:

La altura  $h$  en la ecuación 4 para calcular la distancia entre paneles y muros representa la diferencia entre el punto más alto del muro y el punto más bajo del panel.

Obtención altura  $h$ :

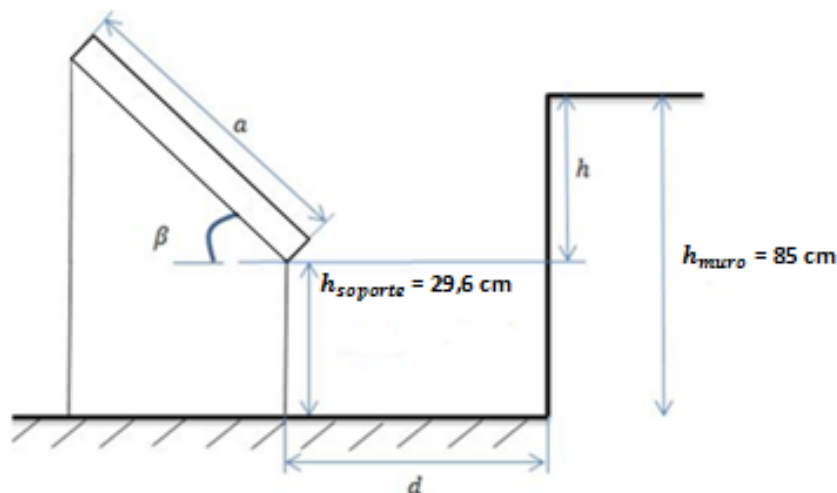


Figura 21: Distancias mínimas C

$$h = h_{muro} - h_{soporte} = 0,85 - 0,296 = 0,554 \text{ m}$$

$$d = \frac{h}{\text{tg}(67^\circ - \text{latitud del lugar})} = \frac{0,554}{\text{tg}(67^\circ - 28^\circ)} = 0,68413 \text{ m} = 68,5 \text{ cm} \quad (4)$$

A partir de esta distancia se calcula cual es el área resultante sobre la cual se puede colocar el número máximo de paneles.

#### 4.1.3. Área total

Tras haber obtenido la distancia entre paneles y muros debido al planteamiento realizado en apartados anteriores, se presenta el área resultante de la cubierta sobre la cual se pueden colocar los paneles fotovoltaicos.

$$\text{Área total} = 39,96 \text{ m}^2$$

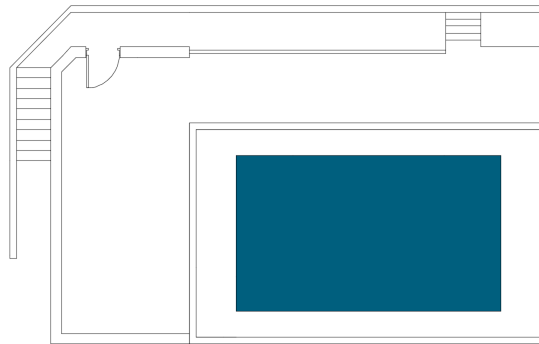


Figura 22: Área para colocar instalación

#### 4.2. Tabla resumen distancias y colocación

A continuación, y para concluir con este apartado, se muestra una tabla resumen en la cual se refleja la cantidad de paneles que queremos instalar según la orientación e inclinación:

| Tipo de instalación   | Panel elevado respecto al nivel del suelo $h_{soporte} = 0,296 \text{ m}$ |
|---|---|
| 1) Orientación ( $\alpha = 0^\circ \text{ Sur}$ )<br>Inclinación ( $\beta = 30^\circ$ ) | 9 paneles   |

Tabla 16. Resumen distancia y colocación entre paneles

Debido a que nuestra cubierta tiene un muro perimetral de 85 cm, hemos calculado la distancia a la que tienen que estar separados nuestros paneles respecto de dicho muro, para que no haya ningún tipo de pérdidas por sombras. La empresa encargada de facilitarnos el soporte para dichos paneles, nos asegura que los paneles podrían estar elevados hasta una altura de 1 metro, lo cual, si tuviéramos algún problema con las distancias entre el muro y los soportes, se verían solventadas con una ligera modificación de dicho soporte.

## 5. SOPORTE PARA MÓDULOS

Para simplificar un poco el proyecto, no nos hemos introducido en el cálculo de una estructura personalizada. Hemos dimensionado nuestra instalación fotovoltaica con un ángulo de inclinación bastante comercial (30 grados) y hemos elegido un soporte que se adecue a nuestras necesidades. Este ha sido el SUNFER FV915:

| <b>CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>  |   |                 |         |
|---|---|-----------------|---------|
| Peso propio paneles   | 121 N/m <sup>2</sup>  |                 |         |
| Sobrecarga de uso   | No está prevista ni para mantenimiento  |                 |         |
| Normativa de viento   | Eurocódigo 1  |                 |         |
| V <sub>h,0,mean</sub>   | 29 m/s  | Periodo retorno | 10 años |
| Categoría del terreno   | III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques) |                 |         |
| Nieve   | -   |                 |         |
| Carga de Nieve  | 200 N/m <sup>2</sup>  |                 |         |
| MATERIALES  |   |                 |         |
| Tornillería   | Tornillería acero Inoxidable A2-70  |                 |         |
| Normativa tornillería   | DIN/ISO 4759 - DIN/ISO 3269 - DIN/ISO 3506 - DIN/ISO 8992 -DIN 267  |                 |         |
| Par de Apriete  | Tornillo M8 Allen   | 12 Nm           |         |
|   | Tornillo M8 Hexagonal   | 20 Nm           |         |
|   | Tornillo M10 Hexagonal  | 40 Nm           |         |
|   | Tornillo M6.3 Hexagonal   | 10 Nm           |         |
| Aluminio  | EN AW 6005A T6  |                 |         |
| Normativa aluminio  | Comp. Química: S/EN573-3  |                 |         |
|   | Características Mecánicas: S/EN755-2  |                 |         |
|   | Tolerancias:U.N.E.-EN 755-9:2001  |                 |         |
| Cláusulas:  |   |                 |         |
| (1) Se deberán respetar todas las recomendaciones indicadas en los planos de montaje.   |   |                 |         |
| (2) Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.   |   |                 |         |
| (3) Para poder dimensionar adecuadamente las zapatas, se deberán realizar los ensayos necesarios para obtener las características resistentes del terreno. Estos deberán ser obtenidos por el cliente o bajo su responsabilidad.  |   |                 |         |
| (4) La cimentación, dependiendo de la disponibilidad y variabilidad de terreno, está sujeta a cambios bajo supervisión de técnico competente.   |   |                 |         |
| (5) Se deberá realizar un plan de mantenimiento que como mínimo consistirá en comprobar el correcto apriete de la tornillería cada 6 meses.   |   |                 |         |
| (6) Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.   |   |                 |         |
| Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado. |   |                 |         |

Figura 23: Características soporte

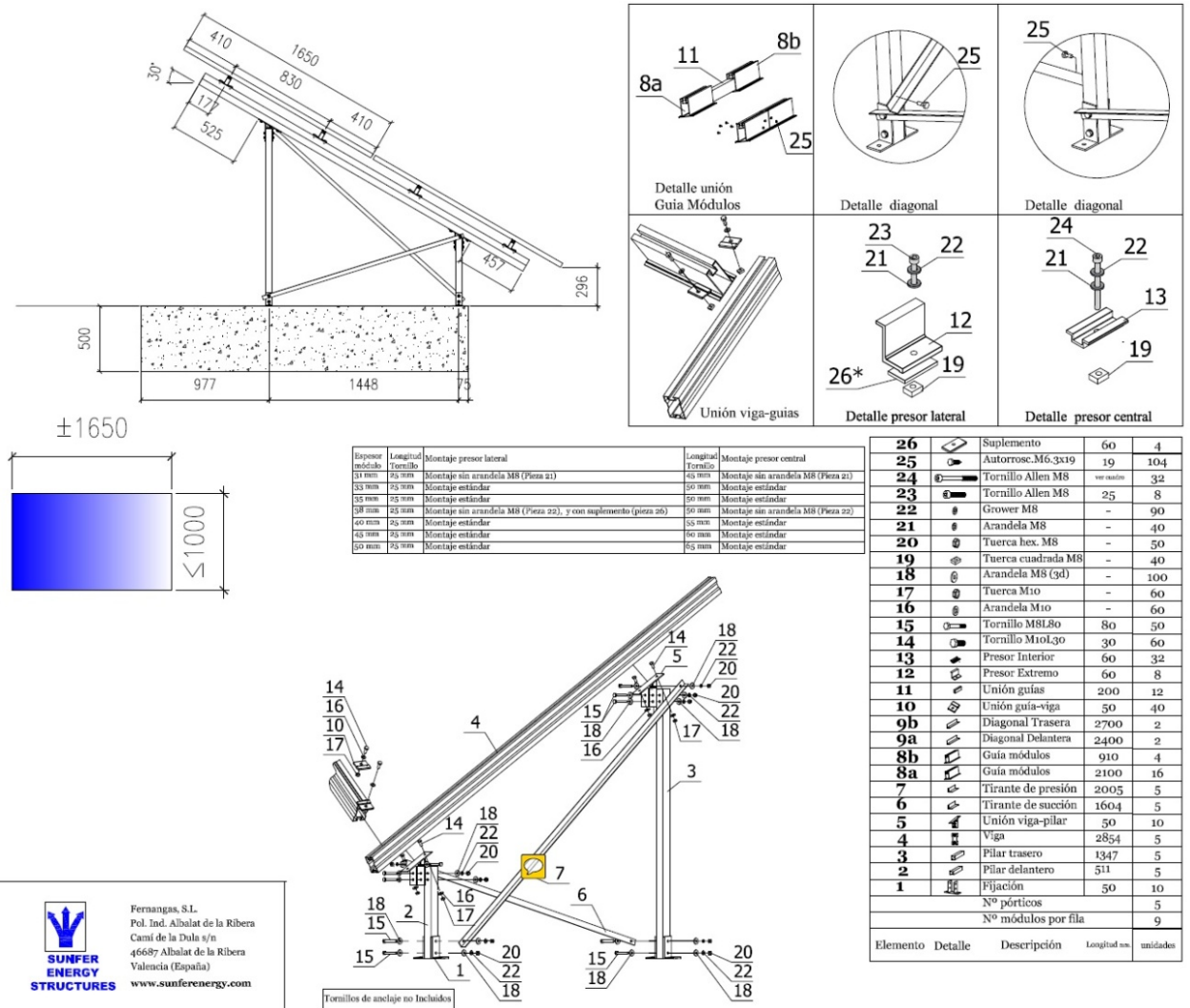


Figura 24: Esquema soporte

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# **Anexo 2: Cálculos eléctricos**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Índice Anexo 2

|   |    |
|---|----|
| -1.FÓRMULAS.....                                      | 59 |
| -2.CÁLCULO DE LÍNEAS.....                             | 60 |
| 2.1. Línea: Paneles 1 - Cuadro CC.....                | 60 |
| 2.1.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 60 |
| 2.1.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 62 |
| 2.2. Línea: Paneles 2 – Cuadro CC.....                | 62 |
| 2.2.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 63 |
| 2.2.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 63 |
| 2.3. Línea: Paneles 3 – Cuadro CC.....                | 63 |
| 2.3.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 64 |
| 2.3.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 64 |
| 2.4. Línea: Cuadro CC – Regulador.....                | 65 |
| 2.4.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 65 |
| 2.4.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 65 |
| 2.5. Línea: Regulador – Baterías.....                 | 67 |
| 2.5.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 67 |
| 2.5.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 67 |
| 2.6. Línea: Baterías – Inversor.....                  | 68 |
| 2.6.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 68 |
| 2.6.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 68 |
| 2.7. Línea: Inversor – Cuadro AC.....                 | 69 |
| 2.7.1. Cálculo por densidad de corriente.....         | 69 |
| 2.7.2. Cálculo por caída de tensión.....              | 69 |
| 2.8. Tabla resumen cableado.....                      | 70 |
| -3.Puesta a tierra.....                               | 70 |
| -4.CÁLCULO DE PROTECCIONES EN CORRIENTE CONTINUA..... | 72 |
| 4.1.Elección de los fusibles.....                     | 72 |
| 4.2. Elección del interruptor de corte en carga.....  | 73 |
| 4.3.Desconectador de Baterías.....                    | 74 |
| 4.4.Descargador de Sobretensiones Transitorias.....   | 74 |

|   |    |
|---|----|
| -5. CÁLCULO DE PROTECCIONES EN CORRIENTE ALTERNA..... | 76 |
| -6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....                    | 76 |



## 1.FÓRMULAS

Se determinan las caídas de tensión según las siguientes fórmulas:

- Corriente alterna:

Sistema monofásico:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$$

$$e(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \cos \varphi}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100$$

Siendo:

L = longitud en metros

K = Conductividad del conductor (K=56 para el cobre)

S = Sección del conductor en  $mm^2$

P = Potencia en Vatios

U = Tensión en Voltios

- Corriente continua:

Se determina la caída de tensión mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U}$$

$$e1(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100$$

Siendo:

L = longitud en metros

K = Conductividad del conductor (K=56 para el cobre)

S = Sección del conductor en  $mm^2$

P = Potencia en Vatios

U = Tensión en Voltios

En este apartado, señalamos el % de caída de tensión máxima que nos marca la IDAE:

*“Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % a la tensión nominal continua del sistema.”*

Por lo tanto en cada tramos de la instalación fotovoltaica hasta el cuadro de BT, la caída de tensión no debe ser superior al 1.5% de la tensión del sistema.

- Resistencia de tierra:

$$R = \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

R = Resistencia de tierra en Ohmios.

$\rho$  = Resistencia del terreno en Ohmios m.

L = longitud de la pica

## 2. CÁLCULO DE LÍNEAS

### 2.1. Línea: Paneles 1 - Cuadro CC

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|   |            |
|---|------------|
| <b>L (Longitud de línea)</b>            | <b>8 m</b> |
| <b>Voc (Tensión a circuito abierto)</b> | 36,58 V    |
| <b>U (tensión de la serie = 3xVoc)</b>  | 109,74 V   |
| <b>P (Potencia serie= UxIcc)</b>        | 917,43 W   |

Tabla 17. Valores necesarios para cálculo línea paneles1

#### 2.1.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será la corriente de cortocircuito de la serie de módulos:

$$I = I_{cc} = 8,36 \text{ A}$$

Se trata de cable RV-k 0.6/1 kV unipolar al aire libre en el exterior y en canalización en el interior, con aislamiento XLPE, (caso B1) ; por lo que según la ITC-BT-19;

**TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)**  
**Intensidades admisibles en amperios**  
**Temperatura ambiente 40 °C en el aire**

| Método de instalación de la tabla 52-B1 | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | PVC3   | PVC2 |      | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A1                                      |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A2                                      | PVC3   | PVC2 |      | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| B1                                      |  |      |      | PVC3  | PVC2  |       | XLPE3 |       |       | XLPE2 |       |       |       |
| B2                                      |  |      | PVC3 | PVC2  |       | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |       |
| C                                       |  |      |      |       | PVC3  |       | PVC2  | XLPE3 |       |       | XLPE2 |       |       |
| E                                       |  |      |      |       |       | PVC3  |       | PVC2  | XLPE3 |       |       | XLPE2 |       |
| F                                       |  |      |      |       |       |       | PVC3  |       |       | PVC2  | XLPE3 |       | XLPE2 |
| 1                                       | 2  | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |       |
| <b>Sección mm<sup>2</sup></b>           |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>Cobre</b>                            |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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   |       |
| <b>Aluminio</b>                         |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2,5                                     | 11,5   | 12   | 13,5 | 14    | 16    | 17    | 18    | 20    | 20    | 22    | 25    | -     |       |
| 4                                       | 15   | 16   | 18,5 | 19    | 22    | 24    | 24    | 26,5  | 27,5  | 29    | 35    | -     |       |
| 6                                       | 20   | 21   | 24   | 25    | 28    | 30    | 31    | 33    | 36    | 38    | 45    | -     |       |
| 10                                      | 27   | 28   | 32   | 34    | 38    | 42    | 42    | 46    | 50    | 53    | 61    | -     |       |
| 16                                      | 36   | 38   | 42   | 46    | 51    | 56    | 57    | 63    | 66    | 70    | 83    | -     |       |
| 25                                      | 46   | 50   | 54   | 61    | 64    | 71    | 72    | 78    | 84    | 88    | 94    | 105   |       |
| 35                                      | -  | 61   | 67   | 75    | 78    | 88    | 89    | 97    | 104   | 109   | 117   | 130   |       |
| 50                                      | -  | 73   | 80   | 90    | 96    | 106   | 108   | 118   | 127   | 133   | 145   | 160   |       |
| 70                                      | -  | -    | -    | 116   | 122   | 136   | 139   | 151   | 162   | 170   | 187   | 206   |       |
| 95                                      | -  | -    | -    | 140   | 148   | 167   | 169   | 183   | 197   | 207   | 230   | 251   |       |
| 120                                     | -  | -    | -    | 162   | 171   | 193   | 196,5 | 213   | 228   | 239   | 269   | 293   |       |
| 150                                     | -  | -    | -    | 187   | 197   | 223   | 227   | 246   | 264   | 277   | 312   | 338   |       |
| 185                                     | -  | -    | -    | 212   | 225   | 236   | 259   | 281   | 301   | 316   | 359   | 388   |       |
| 240                                     | -  | -    | -    | 248   | 265   | 300   | 306   | 332   | 355   | 372   | 429   | 461   |       |

XLPE: Polietileno reticulado (90°C)    **EPR**: Etileno-propileno (90°C)    **PVC**: Policloruro de vinilo (70°C)

Figura 25: Tabla Intensidades/diámetros de cable

Para este caso: columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$I_z > I \rightarrow$  buscamos una  $I_z$  inmediatamente superior a  $I$ , nos queda:

$$I_z = 20 A > 8,36 A$$

Se obtiene una sección de  $S_N = 1,5 mm^2$

### 2.1.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 8m \cdot 8,36 A}{56 \frac{\Omega mm^2}{m} \cdot 109,74 V \cdot 0,015} = 1,45 mm^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 1,5 mm^2$

· Caída de tensión:

$$e1(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 917,43W \cdot 8m}{56 \frac{\Omega mm^2}{m} \cdot 1,5mm^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 1,45 \%$$

Esta caída de tensión se aproxima al límite impuesto por el IDAE de 1.5%, por lo que aumentaremos la sección para tener un margen más holgado:

$$e1(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 917,43W \cdot 8m}{56 \frac{\Omega mm^2}{m} \cdot 2,5mm^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 0,87\%$$

De las dos secciones calculadas de las distintas formas, la sección que tomaremos para este tramo será de:  $S_N = 2,5 mm^2$

## 2.2. Línea: Paneles 2 – Cuadro CC

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|   |            |
|---|------------|
| <b>L (Longitud de línea)</b>            | <b>11m</b> |
| <b>Voc (Tensión a circuito abierto)</b> | 36,58 V    |
| <b>U (tensión de la serie = 3xVoc)</b>  | 109,74 V   |
| <b>P (Potencia serie= UxIcc)</b>        | 917,43 W   |

Tabla 18. Valores necesarios para cálculo línea paneles 2

### 2.2.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será la corriente de cortocircuito de la serie de módulos:

$$I = I_{cc} = 8,36 \text{ A}$$

Se trata de cable unipolar en canalización con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC-BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$$I_Z = 20 \text{ A} > 8,36 \text{ A}$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 1,5 \text{ mm}^2$

### 2.2.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 11\text{m} \cdot 8,36 \text{ A}}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 109,74 \text{ V} \cdot 0,015} = 1,99 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 2,5 \text{ mm}^2$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:**

$$S_N = 2,5 \text{ mm}^2$$

· Caída de tensión:

$$e2(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 917,43\text{W} \cdot 11\text{m}}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 2,5\text{mm}^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 1,19 \% \ll 1,5\%$$

### 2.3. Línea: Paneles 3 – Cuadro CC

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|   |            |
|---|------------|
| <b>L (Longitud de línea)</b>            | <b>15m</b> |
| <b>Voc (Tensión a circuito abierto)</b> | 36,58 V    |
| <b>U (tensión de la serie = 3xVoc)</b>  | 109,74 V   |
| <b>P (Potencia serie= UxIcc)</b>        | 917,43 W   |

Tabla 19. Valores necesarios para cálculo línea paneles 3

### 2.3.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será la corriente de cortocircuito de la serie de módulos:

$$I = I_{cc} = 8,36 \text{ A}$$

Se trata de cable unipolar en canalización con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$I_z > I \rightarrow$  buscamos una  $I_z$  inmediatamente superior a  $I$ , nos queda:

$$I_z = 20 \text{ A} > 8,36 \text{ A}$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 1,5 \text{ mm}^2$

### 2.3.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 15 \text{ m} \cdot 8,36 \text{ A}}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 109,74 \text{ V} \cdot 0,015} = 2,72 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 4 \text{ mm}^2$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:  $S_N = 4 \text{ mm}^2$**

· Caída de tensión:

$$e3(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 917,43 \text{ W} \cdot 15 \text{ m}}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 1,02 \% \ll 1,5\%$$

## 2.4. Línea: Cuadro CC – Regulador

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|   |           |
|---|-----------|
| <b>L (Longitud de línea)</b>            | <b>2m</b> |
| <b>Voc (Tensión a circuito abierto)</b> | 36,58 V   |
| <b>U (tensión de la serie = 3xVoc)</b>  | 109,74 V  |
| <b>P (Potencia serie= UxIcc)</b>        | 917,43 W  |
| <b>Pt(Potencia total = 3xP)</b>         | 2752,29 W |

Tabla 20. Valores necesarios para cálculo línea Regulador

### 2.4.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será la suma de las tres series:

$$I = 3 \times I_{cc} = 3 \times 8,36 \text{ A} = 25,08 \text{ A}$$

Se trata de cable unipolar bajo tubo con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC-BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$I_z > I \rightarrow$  buscamos una  $I_z$  inmediatamente superior a  $I$ , nos queda:

$$I_z = 26 \text{ A} > 25,08 \text{ A}$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 2,5 \text{ mm}^2$

### 2.4.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 2m \cdot 25,08 \text{ A}}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 109,74 \text{ V} \cdot 0,015} = 1,08 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 1,5 \text{ mm}^2$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:  $S_N = 2,5 \text{ mm}^2$**

· Caída de tensión:

$$e_4(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot Pt}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 2752,29W \cdot 2m}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 0,653 \%$$

En realidad, el tramo total es desde los módulos hasta el regulador, con la diferencia que le hemos dividido mediante un bornero o cuadro de protección de corriente continua. Este hecho hace que consideremos ambos tramos para la caída de tensión total del total. Anteriormente hemos calculado la caída de tensión de las tres ramas de módulos hasta el bornero, cogemos la máxima para sumársela a la existente entre el bornero y el regulador. De forma que entre ambas no superen el 1.5% establecido.

-Caída de tensión:

$$e_{m\acute{a}x}(\%) = e_2(\%) + e_4(\%) = 1,19\% + 0,653\% = 1,843 \%$$

Aumentamos la sección del tramo más corto, puesto que es lo más económico. Subimos la sección del tramo Cuadro CC – Regulador a 4 mm<sup>2</sup>:

$$e_4(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot Pt}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 2752,29W \cdot 2m}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 0,408 \%$$

$$e_{m\acute{a}x}(\%) = e_2(\%) + e_4(\%) = 1,19\% + 0,408\% = 1,598 \%$$

Aún estamos por encima, luego volvemos a subir la sección del conductor a 6 mm<sup>2</sup>:

· Caída de tensión:

$$e_4(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot Pt}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 2752,29W \cdot 2m}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot 109,74^2} \times 100 = 0,272 \%$$

$$e_{m\acute{a}x}(\%) = e_2(\%) + e_4(\%) = 1,19\% + 0,272\% = 1,462 \% < 1,5\%$$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios: :  $S_N = 6 \text{ mm}^2$**



## 2.5. Línea: Regulador – Baterías

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>L (Longitud de línea)</b>                     | <b>2m</b>                      |
| <b>Vmp (Tensión máxima potencia)</b>             | <b>29,49 V</b>                 |
| <b>P (Potencia regulador = Vmp x Iregulador)</b> | <b>80 A x 29,49 = 2359,2 W</b> |

Tabla 21. Valores necesarios para cálculo línea baterías

### 2.5.1. Cálculo por densidad de corriente:

Se trata de cable unipolar bajo tubo con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC-BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$$I_z = 87 A > 80 A$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 16 \text{ mm}^2$

### 2.5.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 2m \cdot 80 A}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 29,49 V \cdot 0,015} = 12,91 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 16 \text{ mm}^2$

Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:  $S_N = 16 \text{ mm}^2$

· Caída de tensión:

$$e5(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 2359,2W \cdot 2m}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 16 \text{ mm}^2 \cdot 29,49^2} \times 100 = 1,21\%$$

## 2.6. Línea: Baterías – Inversor

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>L (Longitud de línea)</b> | <b>3m</b> |
| <b>Vdc</b>                   | 24 V      |
| <b>P (Potencia pico)</b>     | 6000 W    |

Tabla 22. Valores necesarios para cálculo línea baterías-inversor

### 2.6.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será:

$$I = \frac{P}{2 \times V_{dc}} = \frac{6000W}{2 \times 24V} = 125 A$$

Se trata de cable unipolar bajo tubo con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC-BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$$I_z = 137 A > 125 A$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 35 \text{ mm}^2$

### 2.6.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot U \cdot e} = \frac{2 \cdot 3m \cdot 125 A}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 24 V \cdot 0,015} = 37,2 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 50 \text{ mm}^2$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:  $S_N = 50 \text{ mm}^2$**

· Caída de tensión:

$$e6(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 3000 W \cdot 3m}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 50 \text{ mm}^2 \cdot 24^2} \times 100 = 1,11\%$$

## 2.7. Línea: Inversor – Cuadro AC

Para los cálculos se tienen en cuenta los siguientes valores:

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>L (Longitud de línea)</b> | <b>35m</b> |
| <b>Vac</b>                   | 230 V      |
| <b>P (Potencia pico)</b>     | 6000 W     |

Tabla 23. Valores necesarios para cálculo línea Inversor-cuadro AC

### 2.7.1. Cálculo por densidad de corriente:

La intensidad de cálculo será:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{6000W}{230V} = 26,08 A$$

Se trata de cable unipolar bajo tubo con aislamiento XLPE, (caso B) ; por lo que según la ITC-BT-19; Tabla A 52-1bis, columna 10 (XLPE2). Se tiene que:

$$I_z = 36 A > 26,08 A$$

Se obtiene una sección de:  $S_N = 4 \text{ mm}^2$

### 2.7.2. Cálculo por caída de tensión

La sección mínima de la línea se obtendrá aplicando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{K \cdot e} = \frac{2 \cdot 35m \cdot 26,08 A \cdot 0,8}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 1,5} = 17,39 \text{ mm}^2$$

De forma que la sección normalizada superior a la anterior es:  $S_N = 25 \text{ mm}^2$

**Escogiendo la sección que sea mayor según los dos criterios:  $S_N = 25 \text{ mm}^2$**

$$e7(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \cos\varphi}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 6000 W \cdot 35m \cdot 0,8}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \cdot 25 \text{ mm}^2 \cdot 230^2} \times 100 = 0,45 \%$$

Podemos bajar la sección puesto que tenemos muy poca caída de tensión y al ser un tramo excesivamente largo ahorraremos en cable, tomamos  $10 \text{ mm}^2$ :

$$e7(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \cos\varphi}{K \cdot S \cdot U^2} \times 100 = \frac{2 \cdot 6000 \text{ W} \cdot 35 \text{ m} \cdot 0,8}{56 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \cdot 10 \text{ mm}^2 \cdot 230^2} \times 100 = 1,13 \%$$

Esta será la sección correspondiente al tramo:  $S_N = 25 \text{ mm}^2$

## 2.8. Tabla Resumen cableado

| Denominación      | Tensión sistema (V) | Int. Cálculo(A) | Dist.cálculo | Sección             | $e_{admisible}$ (%) | $e_{cableado}$ (%) |
|-------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| P1-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 8            | 2,5 mm <sup>2</sup> | 1,5                 | $e1(\%) = 0,87$    |
| P2-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 11           | 2,5 mm <sup>2</sup> | 1,5                 | $e2(\%) = 1,19 \%$ |
| P3-Cuadro cc      | 36,58               | 8,36            | 15           | 4 mm <sup>2</sup>   | 1,5                 | $e3(\%) = 1,02 \%$ |
| Cuad.cc.Regulador | 109,74              | 25,08           | 2            | 6 mm <sup>2</sup>   | 1,5                 | $e4(\%) = 1,46 \%$ |
| Regulador-Bat.    | 29,49               | 80              | 2            | 16 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e5(\%) = 1,21\%$  |
| Baterías-Inv      | 24                  | 125             | 3            | 50 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e6(\%) = 1,11$    |
| Inversor-Cuad-AC  | 230                 | 26,08           | 35           | 10 mm <sup>2</sup>  | 1,5                 | $e7(\%) = 1,13$    |

Tabla 24. Tabla resumen líneas

## 3. Puesta a Tierra

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, según indica la ITC-BT-18.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra, según la norma (ITC-BT-18) deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra este conforme con las normas de protección y funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

En el cuadro de mando y protección de la vivienda se dispondrá de un terminal de puesta a tierra para proteger de posibles contactos y diferencia de potencial, y permitir descargar a tierra las corrientes de defecto.

Cualquier parte metálica de la instalación, incluida la estructura, que pueda ser susceptible de quedar sometida bajo tensión o ser recorrida por una corriente de defecto a tierra, deberá ser conectada a la red de puesta a tierra.

La forma, profundidad de enterramiento y distancia de las tomas de tierra deben ser tales que cumplan con lo establecido en la ITC-BT-18.

Según la norma las características de las tomas de tierra deben ser como mínimo:

- Profundidad de enterramiento nunca menor a 0.5 metros.
- Separación entre picas: 2 metros.
- Longitud de picas: 1 m
- Diámetro conductor: 35 mm<sup>2</sup>

Para nuestra vivienda utilizaremos dos picas de un metro de longitud separadas entre sí dos metros.

Según la resistividad del terreno en el que nos encontramos calcularemos un valor de resistencia:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L}$$

Donde:

- $\rho$ , es la resistividad del terreno (Ohm.m)
- n, número de picas
- L, longitud entre picas (m)

| Naturaleza terreno                       | Resistividad en Ohm.m    |
|--|--------------------------|
| Terrenos pantanosos                      | de algunas unidades a 30 |
| Limo                                     | 20 a 100                 |
| Humus                                    | 10 a 150                 |
| Turba húmeda                             | 5 a 100                  |
| Arcilla plástica                         | 50                       |
| Margas y Arcillas compactas              | 100 a 200                |
| Margas del Jurásico                      | 30 a 40                  |
| Arena arcillosas                         | 50 a 500                 |
| Arena silíceas                           | 200 a 3.000              |
| Suelo pedregoso cubierto de césped       | 300 a 5.00               |
| Suelo pedregoso desnudo                  | 1500 a 3.000             |
| Calizas blandas                          | 100 a 300                |
| Calizas compactas                        | 1.000 a 5.000            |
| Calizas agrietadas                       | 500 a 1.000              |
| Pizarras                                 | 50 a 300                 |
| Roca de mica y cuarzo                    | 800                      |
| Granitos y gres procedente de alteración | 1.500 a 10.000           |
| Granito y gres muy alterado              | 100 a 600                |

Figura 26: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Según esta tabla perteneciente a la ITC-BT-18, en la que tenemos valores aproximados de resistividades según la naturaleza del terreno, elegimos el que se asemeje más a nuestro caso:

- **Arena arcillosa** con un valor de resistividad que oscila entre los 50-500 Ohm.m ( $\Omega m$ ).

Haciendo una media de dicho intervalo obtenemos un valor de resistividad del terreno de 225 Ohm.m. Con este valor ya lo tenemos todo para calcular la resistencia:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} = \frac{225 \Omega m}{2 \cdot 2m} = 56'25 \Omega$$

Con lo que nos daría una resistencia de tierra de 56'25  $\Omega$ . Para las líneas de tierra de los equipos y partes metálicas susceptibles de quedar en tensión de la instalación fotovoltaica se utilizará cable unipolar RV-k 0.6/1 kV de sección 6  $mm^2$ .

Siguiendo la norma, y realizando los cálculos pertinentes obtenemos como resultado:

- Profundidad de enterramiento : 1 metro
- Separación entre picas: 2 metros.
- Longitud de picas: 1 m
- Diámetro conductor cobre desnudo: 35  $mm^2$

## 4. CÁLCULO DE PROTECCIONES EN CORRIENTE CONTINUA

### 4.1. Elección de los fusibles

Se pondrán fusibles en las siguientes partes de la instalación:

- Cuadro de cc: uno por cada línea procedente de los módulos, 6 en total(portafusibles).
- Del regulador a las baterías: polo negativo

Para el caso de los fusibles que se pondrán en el cuadro de cc, la intensidad que circula por cada serie es la que tiene un módulo:

$$I = 8,36 \text{ A}$$

La tensión de cada una de las series es la suma de la tensión que circula por cada uno de los módulos; así:

$$U = U_m \cdot n_m = 29,49V \times 3 = 88,47 \text{ V}$$

Se escogen fusibles:  **$I_n = 10 \text{ A}$ ;  $PdC = 30 \text{ kA}$ ;  $U = 1000 \text{ V}$ ; fusibles gPV**

Por lo tanto se colocarán 6 fusibles del modelo anterior con sus correspondientes bases portafusibles modulares: **PMP 10x38**

En el caso del fusible que irá colocado en el polo negativo de la línea que va desde el regulador hacia las baterías:

$$I_n > I'$$

$$\text{Donde: } I' = I (\text{apartado 2.5.1.}) \cdot ms = 80 \text{ A} \cdot 1,2 = 94,6 \text{ A}$$

Escogeremos el fusible comercial cuyo valor este justo por encima del valor de  $I'$  calculado:

$$I_n = 100 \text{ A}; 500 \text{ V}$$

## 4.2. Elección del interruptor de corte en carga

La explotación de una instalación eléctrica requiere la posibilidad de intervenir sin tensión en una parte o toda esta instalación para realizar mantenimiento y reparaciones o para hacer modificaciones.

Aislar la alimentación: las normas de instalación obligan a aislar la alimentación general en caso de tener que realizar algún tipo de intervención en la instalación. El interruptor que lleve a cabo esa misión debe ser “apto al seccionamiento” y poseer un sistema de enclavamiento en posición "abierto".

Posición del seccionador en la instalación: un dispositivo de seccionamiento debe ser situado en el origen de cada repartición de distribución para tener una continuidad de servicio óptima. Para la elección del interruptor de corte en carga se tendrá en cuenta:

-Tensión del sistema en el tramo elegido para su colocación (cuadro cc - regulador):

$$V = V_{op} \cdot n = 36,58V \cdot 3 = 109,74 \text{ V}$$

Siendo:

$$V_{op} = \text{voltaje a circuito abierto de un módulo}$$

$$n = \text{número de módulos en serie de la rama}$$

-Intensidad máxima:

$$I = I_{cc} \cdot n = 8,36A \cdot 3 = 25,08 \text{ A}$$

Siendo:

$I_{cc}$  = intensidad de cortocircuito de un módulo, y en este caso de cada serie

Se tendrán que cumplir las siguientes desigualdades:

$$I_n > I' ; V_n > V'$$

Donde:  $I' = I * \text{margen de seguridad (ms)} = 25,08 \text{ A} * 1.2 = 30,096 \text{ A}$

$$V' = (V * \text{ms}) / f_c = (111 \text{ V} * 1.2) / 0.8 = 166,5 \text{ V}$$

Luego nuestro interruptor de corte en carga será: **OTDC 32 (32A/660V)**

### 4.3. Desconectador de Baterías

Existen muchos casos donde los sistemas fotovoltaicos están totalmente desatendidos, como pueden ser: repetidores de TV, equipos de toma de datos, sistemas de riego automático, etc. En todas estas utilizaciones no se usa un sistema acústico o visual de alarma por baja tensión, ya que nadie podría verlo ni escucharlo, y en algunos casos tampoco pueden acoplarse los sistemas con relé libre de potencial, pues se necesitaría un equipo transmisor independiente que podría ser costoso. Para este caso se han diseñado unos aparatos que en el momento que la tensión de batería se iguala a una tensión de referencia (previamente ajustada), hacen que se abra un relé que interrumpe la alimentación de la carga conectada a la batería. Cuando la batería se ha recuperado, este contacto de relé vuelve a cerrarse, reanudándose la alimentación.

### 4.4. Descargador de Sobretensiones Transitorias

Al instalar dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) en sistemas fotovoltaicos cabe tener en cuenta varias características especiales. A diferencia del uso en circuitos de AC, los sistemas fotovoltaicos constituyen una fuente de tensión DC con sus características específicas. El diseño del sistema debe considerar estas características y adecuar la instalación del DPS en consecuencia. Por ejemplo, las especificaciones de los DPS para sistemas FV deben diseñarse tanto para soportar la tensión sin carga máxima del generador solar (VOC STC = tensión en circuito abierto en condiciones normales), como para asegurar la máxima disponibilidad y seguridad del sistema.

Las células fotovoltaicas FV constituyen un pilar básico en materia de generación de energía a partir de fuentes renovables o, mejor dicho, regenerativas.

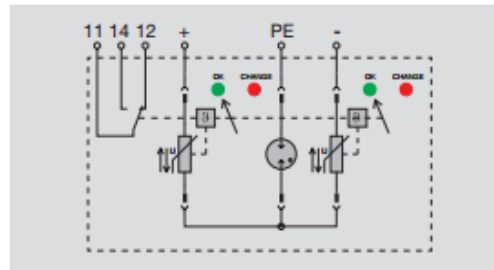
Dicha norma incluye información acerca de los dispositivos de protección contra sobretensiones y pararrayos. Se recomienda la protección contra los picos de tensión, aunque explícitamente no se obliga a ello.



De la misma manera, la norma señala que en caso de instalar un dispositivo de protección con pararrayos, el sistema fotovoltaico debe protegerse mediante un módulo de descarga de arco al aire aislado, así como mantenerse la distancia de separación. Para nuestra instalación hemos seleccionado el siguiente modelo:

**PU II 2+1/R 1000V 40kA**

**PU II 2+1/R 1000 V / 40 kA**



**Datos técnicos**

Tensión nominal sistema fotovoltaico Uoc (+,-)  
según IEC 60364-7-712

Máxima tensión (DC) permanente (+/-)

Máxima tensión (DC) permanente (+/PE) / (-/PE)

Tipo según IEC 61643-1

Corriente descarga nominal, por polo In (8/20 ðs)

Corriente descarga máxima, por polo Imax (8/20 ðs)

Corriente descarga máxima, total Itotal (8/20 ðs)

Tiempo de respuesta

Intensidad máx. del equipo a proteger

Nivel de protección con In Up (+,-) típico

Indicación óptica de funcionamiento

Contacto de aviso (en versiones con aviso remoto)

Diseño

Color

Temperatura de servicio

Temperatura almacenamiento

Homologaciones

≤ 1000 VDC

1200 VDC

1100 VDC

Tipo 2

20kA

40kA

40kA

≤ 25 ns

125 A gl

4000 V

verde = ok, rojo = descargador defectuoso, cambiar

250 V 1A 1CO

3 TE ; Módulos insertables a TS 35

base negro, descargador rojo / azul

-40°C ... 70°C

-40°C ... 70°C

CE, ÖVE, cURus disponible en breve

**Dimensiones**

|  |                 |
|--|-----------------|
| Sección embornada (nom. / min. / máx.) | mm <sup>2</sup> |
| Longitud / Anchura / Altura            | mm              |

**Sin contacto**

|              |              |
|--------------|--------------|
| 25 / 4 / 25  | Con contacto |
| 97 / 54 / 64 | 99 / 54 / 58 |

**Indicaciones**

Este producto también cumple los requisitos de tipo 3 con U<sub>m</sub> 6kV

## **5. CÁLCULO DE PROTECCIONES EN CORRIENTE ALTERNA**

Como ya hemos apuntado en el documento memoria: el inversor cumple con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y compatibilidad incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

## **6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

–Mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

–Mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora. El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá al menos una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia menor de 5 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

–Comprobación de las protecciones eléctricas.

–Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.

–Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.

–Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

**Anexo 3: Estudio básico de  
seguridad y salud**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Índice Anexo 3

|   |    |
|---|----|
| -1.ASPECTOS GENERALES.....  | 81 |
| -2.OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....  | 81 |
| -3.DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....   | 82 |
| 3.1.Operaciones a realizar.....   | 82 |
| 3.2.Inicio de las obras.....  | 82 |
| 3.3.Duración de las obras.....  | 83 |
| -4.RECURSOS EMPLEADOS.....  | 83 |
| 4.1.Mano de obra.....   | 83 |
| 4.2.Herramientas.....   | 83 |
| 4.3.Energía y fluidos.....  | 83 |
| 4.4.Maquinaria.....   | 84 |
| 4.5.Equipos Auxiliares.....   | 84 |
| -5.NORMATIVA DE SEGURIDAD EN LA OBRA.....   | 84 |
| -6.EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI).....  | 85 |
| 6.1.Protectores de la cabeza.....   | 85 |
| 6.2.Protectores del oído.....   | 86 |
| 6.3.Protectores de los ojos y de la cara.....   | 86 |
| 6.4.Protectores de las vías respiratorias.....  | 86 |
| 6.5.Protectores de manos y brazos.....  | 87 |
| 6.6.Protectores de pies y piernas.....  | 87 |
| 6.7.Protectores de la piel.....   | 87 |
| 6.8.Protectores del tronco y el abdomen.....  | 87 |
| 6.9.Protección total del cuerpo.....  | 88 |
| -7.SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....  | 89 |
| -8.RIESGOS CARACTERÍSTICOS EN ESTE TIPO DE INSTALACIONES.....                                       | 89 |
| -9.OBLIGACIONES DE LAS PRINCIPALES PARTES IMPLICADAS EN UN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD..... | 90 |
| 9.1.Obligaciones del promotor.....  | 90 |
| 9.2.Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud.....                               | 91 |
| 9.3.Obligaciones de contratista y subcontratas.....   | 91 |
| 9.4.Obligaciones de los trabajadores autónomos.....   | 93 |

|   |    |
|---|----|
| -10.LIBRO DE INCIDENCIAS.....   | 94 |
| -11.PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....   | 94 |
| -12.DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN<br>APLICARSE EN LAS OBRAS..... | 94 |
| 12.1.Resistencia y calidad de los materiales en materia de seguridad.....               | 95 |
| 12.2.Vías de salida y emergencia .....  | 95 |
| 12.3.Incendios .....  | 95 |
| 12.4.Ventilación.....   | 95 |
| 12.5.Temperatura .....  | 96 |
| 12.6.Espacio de trabajo .....   | 96 |
| 12.7.Primeros auxilios .....  | 96 |
| 12.8.Servicios higiénicos .....   | 96 |
| 12.9.Zonas de descanso .....  | 97 |
| -13.REFERENCIAS.....  | 97 |

## 1. Aspectos generales

- Redactor del Estudio básico de Seguridad y Salud:

Estudiante de Grado en Ingeniería Mecánica Óscar Bethencourt Navarro.

-Obra/Proyecto:

Instalación Fotovoltaica aislada para casa rural

-Promotor:

Universidad de La Laguna.

-Proyectista:

Estudiante de Grado en Ingeniería Mecánica: Óscar Bethencourt Navarro

-Coordinador en materia de seguridad y salud durante la redacción del proyecto de obra:

El proyecto de ejecución ha sido redactado por un proyectista, de acuerdo con la definición contenida en el Art.2 del R.D. 1627/1997, y no se ha designado coordinador en materia de seguridad y salud durante la redacción del proyecto de obra.

-Constructor/es y coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de las obras:

Si en la ejecución de las obra interviene más de una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos, antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constata dicha circunstancia, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

## 2. Objeto del estudio básico de seguridad y salud

El objeto del estudio básico de seguridad y salud es identificar los posibles puntos peligrosos durante la ejecución de la instalación para evitar accidentes mediante un proceso de prevención de riesgos laborales.

Este documento se redacta siguiendo las directrices del Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. A su vez, formará parte del proyecto de la obra, y, en aplicación de él, la entidad competente encargada de realizarlo elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio y en función de su propio sistema de ejecución de obra.

Tal estudio precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia. Además se contemplan las previsiones y las informaciones útiles necesarias para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, losprevisibles trabajos posteriores.

El plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes de iniciar la obra por parte del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

### **3. Descripción de la actividad**

El cumplimiento de lo dispuesto en este estudio se enfocara a la actividad a realizar en la cubierta de una vivienda de carácter unifamiliar para una instalación fotovoltaica conectada a la red de baja tensión, situada en el municipio de Almáciga, en la Provincia de Santa Cruz de Tenerife.

#### **3.1. Operaciones a realizar**

El plan de ejecución de obra previsto para llevar cabo tal instalación será:

- Instalación de las estructuras simples encargadas de soportar de los paneles fotovoltaicos.
- Colocación sobre las estructuras simples los paneles fotovoltaicos.
- Cableado de los tramos y puesta a tierra de toda la instalación.
- Verificación de los puntos anteriores, especialmente las protecciones.
- Instalación de equipos de medida.

#### **3.2. Inicio de las obras**

El contratista o contratistas elegidos y el Director facultativo de Obra se reunirán antes del comienzo de la ejecución de obra, y en esta reunión determinarán la forma de ejecutar la instalación, así como medidas de seguridad y demás temas pertinentes para la correcta terminación de los trabajos.

Llegadas ambas partes a un acuerdo se le notificará al Director de Obra para que la obra comience en la fecha prevista.

Al tratarse de una vivienda, la realización de la instalación fotovoltaica podrá llevarse a cabo en cualquier momento, sin que afecte para ello la estación del año dadas las condiciones meteorológicas del lugar.



### **3.3. Duración de las obras**

Se estima factible su realización en un plazo de 5-6 días a partir de la fabricación de la estructura simple encargada de sustentar los paneles, con un total de 3 operarios durante la ejecución de la misma. Además, habrá que tener en cuenta que la instalación se hará en el exterior, por lo que los trabajadores deberán tomar descansos frente a su exposición al sol.

## **4. Recursos empleados**

### **4.1. Mano de obra**

-Operario de grúa: encargado de transportar las estructuras simples y los paneles fotovoltaicos hasta el emplazamiento, y su posterior elevación a la cubierta de la vivienda.

-Técnico instalador: encargado de anclar la estructura al suelo de la cubierta y la fijación de los paneles a la misma.

-Técnico electricista: encargado de realizar las conexiones de todos los equipos eléctricos y verificación del correcto funcionamiento.

### **4.2. Herramientas**

-Herramientas de combustión: equipo de soldadura de propano o butano.

-Herramientas eléctricas: taladradora, multímetro, chequeador portátil de la instalación.

-Herramientas de mano: cuchilla, tijera, destornilladores, martillos, pelacables, cizalla, cortacables, sierra de arco para metales, caja completa de herramientas dieléctricas homologadas, reglas, escuadras, nivel, etc.

### **4.3. Energía y fluidos**

-Esfuerzo humano.

-Agua.

-Electricidad.

-Combustibles fósiles: gasoil y gasolina.

#### **4.4. Maquinaria**

-Grúa y cabestrante.

#### **4.5. Equipos Auxiliares**

-Andamios de estructura tubular móvil, andamios colgantes, andamio de caballete, banqueta aislante, alfombra aislante, lona aislante de apantallamiento, puntales, caballetes, redes, escaleras de mano, cestas, señales de seguridad, vallas, balizas de advertencia de señalización de riesgos y letreros de advertencia a terceros.

### **5. Normativa de seguridad en la obra**

- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1/1995, de 24 de Marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-07, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

## 6. Equipos de protección individual (EPI)

Los equipos de protección individual se rigen mediante lo estipulado en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Se entenderá por equipo de protección individual cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Por tanto se excluyen de tal definición:

1. La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador.
2. Los equipos de los servicios de socorro y salvamento.
3. Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden.
4. Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera.
5. El material de deporte.
6. El material de autodefensa o de disuasión.
7. Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores demolestia.

A su vez, los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Las protecciones individuales de exigido cumplimiento y que han de ser facilitadas por la empresa constructora en caso de necesidad son las mencionadas a continuación:

### 6.1. Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad (obras públicas y construcción, minas e industrias diversas).
- Cascos de protección contra choques e impactos.
- Prendas de protección para la cabeza (gorros, gorras, sombreros, etc., de tejido, de tejido recubierto, etc.).
- Cascos para usos especiales (fuego, productos químicos, etc.).

## **6.2. Protectores del oído**

- Protectores auditivos tipo tapones.
- Protectores auditivos desechables o reutilizables.
- Protectores auditivos tipo orejeras, con arnés de cabeza, bajo la barbilla o la nuca.
- Cascos anti-ruido.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección para la industria.
- Protectores auditivos dependientes del nivel.
- Protectores auditivos con aparatos de intercomunicación.

## **6.3. Protectores de los ojos y de la cara**

- Gafas de montura universal.
- Gafas de montura integral (uni o biocular).
- Gafas de montura cazoletas.
- Pantallas faciales.
- Pantallas para soldadura (de mano, de cabeza, acoplables a casco de protección para la industria).

## **6.4. Protectores de las vías respiratorias**

- Equipos filtrantes de partículas (molestas, nocivas, tóxicas o radiactivas).
- Equipos filtrantes frente a gases y vapores.
- Equipos filtrantes mixtos.
- Equipos aislantes de aire libre.
- Equipos aislantes con suministro de aire.
- Equipos respiratorios con casco o pantalla para soldadura.
- Equipos respiratorios con máscara amovible para soldadura.
- Equipos de submarinismo.

## **6.5. Protectores de manos y brazos**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes contra las agresiones químicas.
- Guantes contra las agresiones de origen eléctrico.
- Guantes contra las agresiones de origen térmico.
- Manoplas.
- Manguitos y mangas.

## **6.6. Protectores de pies y piernas**

- Calzado de seguridad.
- Calzado de protección.
- Calzado de trabajo.
- Calzado y cubrecalzado de protección contra el calor.
- Calzado y cubrecalzado de protección contra el frío.
- Calzado frente a la electricidad.
- Calzado de protección contra las motosierras.
- Protectores amovibles del empeine.
- Polainas.
- Suelas amovibles (antitérmicas, antiperforación o antitranspiración).
- Rodilleras.

## **6.7. Protectores de la piel**

- Cremas de protección y pomadas.

## **6.8. Protectores del tronco y el abdomen**

- Chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, proyecciones de metales en fusión).
- Chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra las agresiones químicas.

- Chalecos termógenos.
- Chalecos salvavidas.
- Mandiles de protección contra los rayos X.
- Cinturones de sujeción del tronco.
- Fajas y cinturones anti-vibraciones.

## 6.9. Protección total del cuerpo

- Equipos de protección contra las caídas de altura.
- Dispositivos anticaídas deslizantes.
- Arneses.
- Cinturones de sujeción.
- Dispositivos anticaídas con amortiguador.
- Ropa de protección.
- Ropa de protección contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes).
- Ropa de protección contra las agresiones químicas.
- Ropa de protección contra las proyecciones de metales en fusión y las radiaciones infrarrojas.
- Ropa de protección contra fuentes de calor intenso o estrés térmico.
- Ropa de protección contra bajas temperaturas.
- Ropa de protección contra la contaminación radiactiva.
- Ropa antipolvo.
- Ropa antigás.
- Ropa y accesorios (brazaletes, guantes) de señalización (retroreflectantes, fluorescentes).

**Referencia:** Anexo 1 del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

## 7. Sistemas de protección colectiva

La protección colectiva, es aquella que tiene como finalidad proteger a más de un trabajador frente a un riesgo de accidente laboral. La instalación de estos equipos y el establecimiento de un programa para su mantenimiento y utilización deben constituir una exigencia dentro del plan de emergencia y prevención de riesgos de la obra.

Será obligatorio mantener siempre las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas, con el objetivo de evitar que las herramientas de trabajo o el material suponga un riesgo para el trabajador.

Así pues, para una buena evacuación de los operarios en caso de incendio se mantendrán libres de obstáculos las vías de evacuación.

El personal deberá saber las normas de evacuación del edificio en caso de incendio y siempre deberá haber personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

También, previamente a la iniciación de los trabajos, se establecerán puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.

## 8. Riesgos característicos en este tipo de instalaciones

En este apartado se presenta cuáles son las protecciones individuales más comunes para una instalación fotovoltaica de este tipo atendiendo a los riesgos más característicos. También se presentará las principales medidas preventivas derivadas de estos riesgos.

No obstante, la no inclusión en este apartado de los equipos de protección individual mencionados anteriormente en el apartado 6. “Equipos de protección individual” no exhibe a la empresa constructora de facilitarlos en caso de necesidad.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Riesgos característicos | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Caídas de operarios al mismo nivel</li> <li>-Caídas de operarios a distinto nivel.</li> <li>-Caída de operarios al vacío.</li> <li>-Caídas de materiales transportados.</li> <li>-Choques o golpes contra objetos.</li> <li>-Atrapamientos y aplastamientos.</li> <li>-Lesiones y/o cortes en manos y pies.</li> <li>-Sobreesfuerzos.</li> <li>-Ambiente pulvígeno</li> <li>-Cuerpos extraños en los ojos.</li> <li>-Contactos eléctricos directos e indirectos.</li> <li>-Trabajos en zonas húmedas o mojadas.</li> <li>-Quemaduras en impermeabilizaciones.</li> </ul> |
|-------------------------|--|

Tabla 25. Tipos de riesgos característicos

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Equipos de protección individual | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Casco de seguridad.</li> <li>-Botas o calzado de seguridad.</li> <li>-Guantes de lona y piel.</li> <li>-Guantes impermeables.</li> <li>-Gafas de seguridad.</li> <li>-Cinturón de seguridad.</li> <li>-Botas, polainas, mandiles y Guantes de cuero para impermeabilización.</li> <li>-Ropa de trabajo.</li> </ul>  |
| Medidas preventivas generales    | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Barandillas.</li> <li>-Pasos o pasarelas.</li> <li>-Redes verticales y horizontales.</li> <li>-Andamios de seguridad.</li> <li>-Escaleras auxiliares adecuadas.</li> <li>-Escalera de acceso peldañeada y protegida.</li> <li>-Plataformas de descarga de material.</li> <li>-Evacuación de escombros.</li> <li>-Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.</li> <li>-Habilitar caminos de circulación.</li> </ul> |

Tabla 26. Riesgos característicos-Equipos de protección individual-Medidas preventivas generales

## 9. Obligaciones de las principales partes implicadas en un estudio básico de seguridad y salud

### 9.1. Obligaciones del promotor

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud, no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactara con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.



## 9.2. Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra, podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud, durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

## 9.3. Obligaciones de contratista y subcontratas

El contratista y subcontratista estarán obligados en lo referente a la Seguridad y Salud en la obra a:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.

-El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

-La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.

-El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

-La recogida de materiales peligrosos utilizados.

-La adaptación del periodo del tiempo efectivo que habrá que dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

-La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.

-Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en o que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Por tanto, todos los trabajadores que participen en el proyecto deberán haber sido informados y formados, por sus respectivas empresas, de los posibles riesgos a los que se exponen al desempeñar su trabajo y de las medidas preventivas que deberán adoptar en las distintas fases de la obra.

Es precisa la toma de conciencia de que el riesgo existe y por ello son responsables de acatar las medidas de seguridad mínimas exigidas.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.

4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud.

5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

#### **9.4. Obligaciones de los trabajadores autónomos**

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

-El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

-El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros

-La recogida de materiales peligrosos y utilizados.

-La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos.

-La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.

-Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.

3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.

4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.

6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.

7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud. Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

## **10. Libro de incidencias**

En el lugar de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

## **11. Paralización de los trabajos**

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

## **12. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

A continuación, se especifican cuáles son las principales disposiciones mínimas de seguridad a tener en cuenta en una obra de estas características.

## **12.1. Resistencia y calidad de los materiales en materia de seguridad**

Se deberá asegurar la resistencia y buena calidad de los materiales y equipos y, en general de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de forma segura.

## **12.2. Vías de salida y emergencia**

Requisitos a cumplir:

-Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer accesibles en todo momento y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

-En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán de poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

-En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

-Todas las puertas exteriores, ventanas practicables y pasillos de salida estarán claramente rotulados con señales indelebles y preferentemente iluminadas o fluorescentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dichas señales deberán fijarse en los lugares adecuados y tener resistencia suficiente.

-Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de evacuación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas bajo ningún concepto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en ningún momento.

## **12.3. Incendios**

Se dispondrá de extintores de polvo polivalente para la lucha contra incendios, los cuales deberán estar señalizados conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

## **12.4. Ventilación**

Conociendo el trabajo a realizar, y los métodos mediante los cuales se llevará a cabo el mismo, los trabajadores deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

## 12.5. Temperatura

La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores. Es conveniente evitar que los trabajadores debido a la actividad a realizar sufran estrés térmico.

## 12.6. Espacio de trabajo

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

## 12.7. Primeros auxilios

-Será de responsabilidad de la empresa constructora garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

Así mismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, a los trabajadores afectados o accidentados por una indisposición repentina.

-Se deberá disponer de material de primeros auxilios, debidamente señalado y de fácil acceso. (Botiquín).

-Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

-En concordancia con lo estipulado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, todo el personal de las empresas que participen en el proyecto deberá haberse sometido como máximo hace un año (salvo que exista alguna otra exigencia legal más restrictiva al respecto) a un reconocimiento médico específico a su puesto de trabajo, del cual haya resultado apto.

Asimismo, al personal de nueva incorporación, se le realizará un reconocimiento previo a su incorporación al puesto de trabajo.

## 12.8. Servicios higiénicos

En el caso de que los trabajadores necesiten llevar ropa especial de trabajo se les facilitará el vestuario adecuado. Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo. Cuando las circunstancias lo requieran (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo se podrá guardar separada de la ropa de calle y de los objetos personales.

Siendo la instalación en una vivienda unifamiliar, en caso de necesidades fisiológicas la empresa constructora dispondrá cerca de la misma un sanitario público o bien estas podrán ser cubiertas en la propia vivienda unifamiliar previo acuerdo con el propietario.

### **12.9. Zonas de descanso**

-Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.

-Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.

-Cuando no existan este tipo de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas como zona de descanso.

-Cuando existan locales de alojamiento fijos, deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de recreo.

-En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.

-La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.

-Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberán permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.

## **13. Referencias**

[1] Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción.

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

**Planos**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017



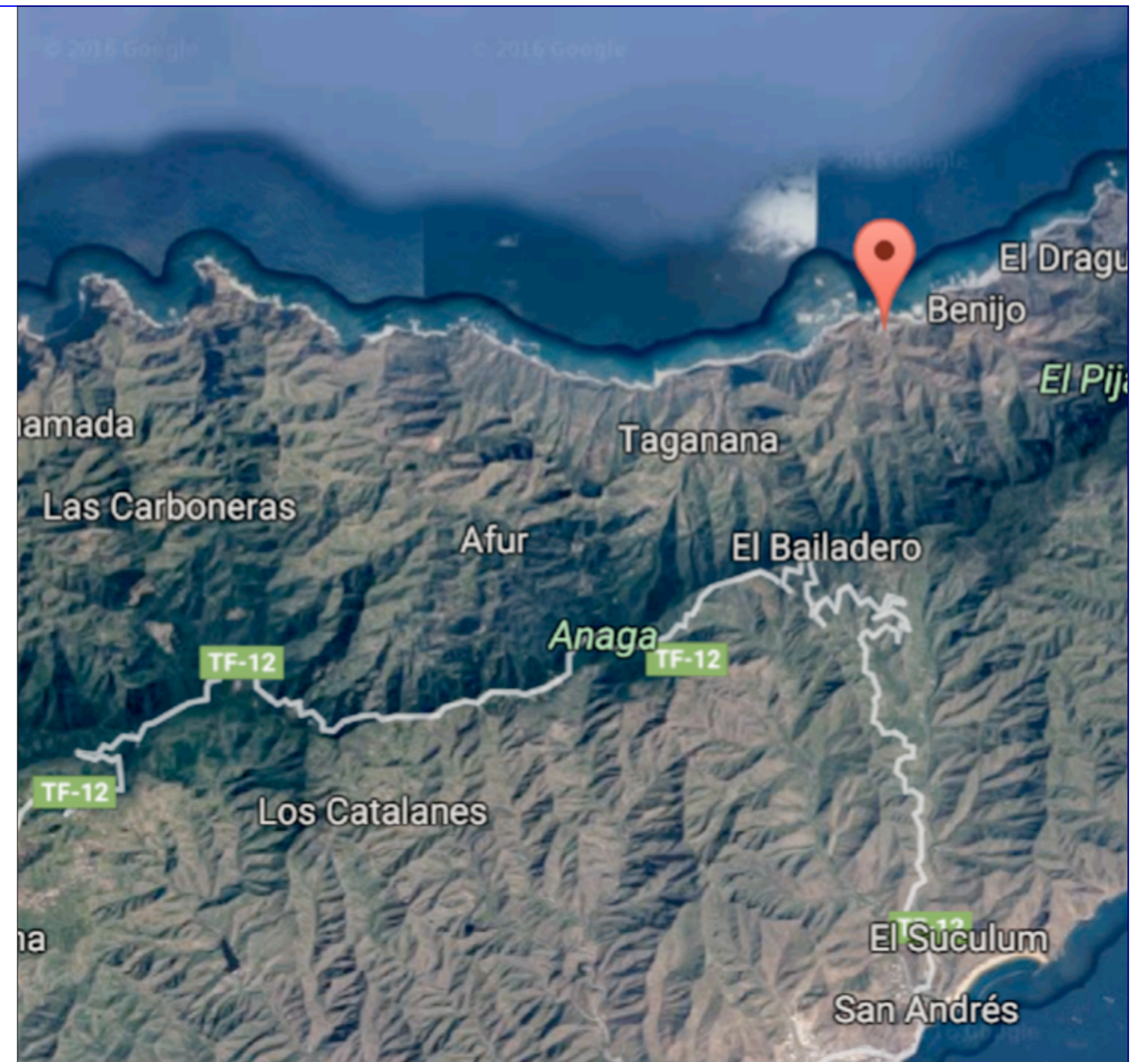
## Índice Planos

|   |     |
|---|-----|
| -1.EMPLAZAMIENTO.....                       | 100 |
| -2.ALZADO VIVIENDA.....                     | 101 |
| -3.PLANO DE PLANTA VIVIENDA.....            | 102 |
| -4.ESQUEMA UNIFILAR CAMPO FOTOVOLTAICO..... | 103 |
| -5.ESQUEMA UNIFILAR CUADRO CC.....          | 104 |
| -6.ESQUEMA UNIFILAR REGULADOR/INVERSOR..... | 105 |
| -7.ESQUEMA UNIFILAR CUADRO BT.....          | 106 |





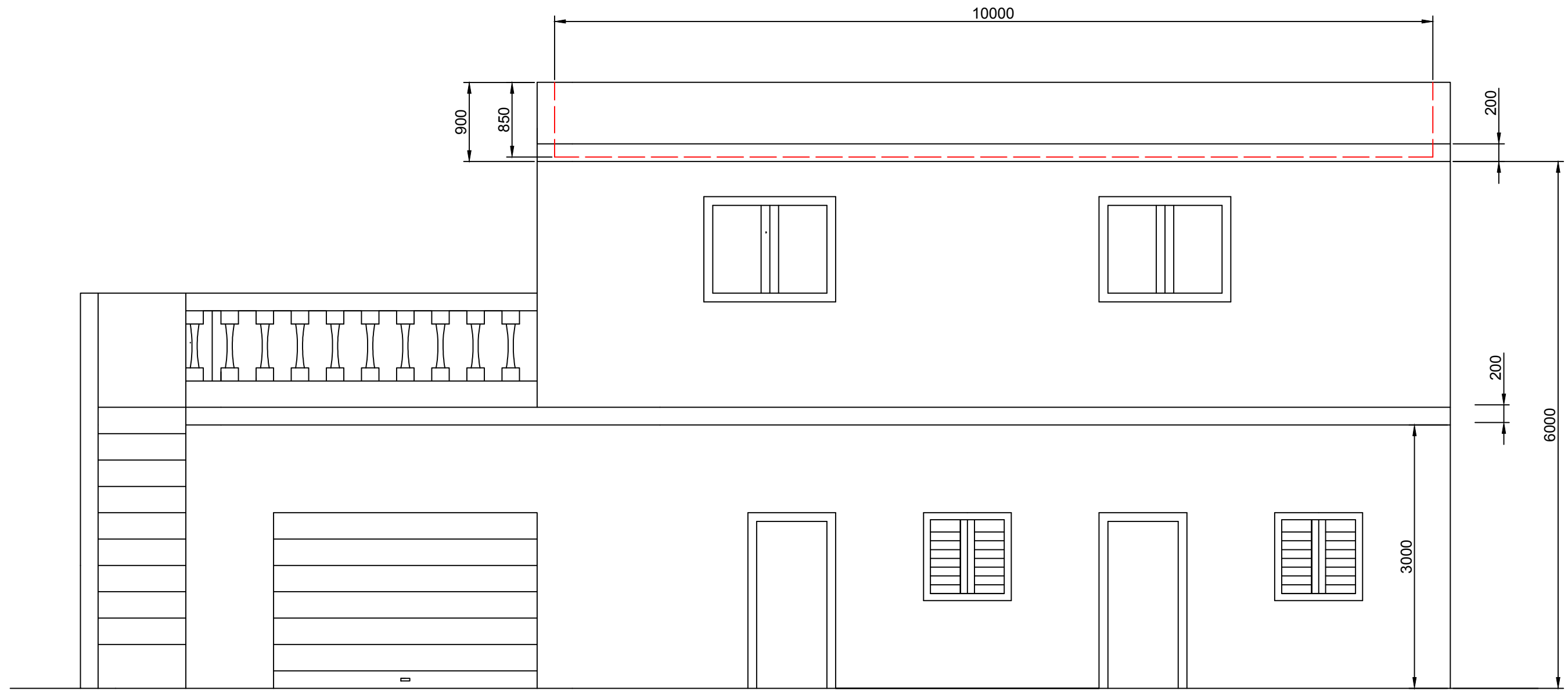
E 1:500000



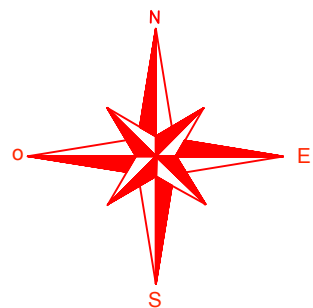
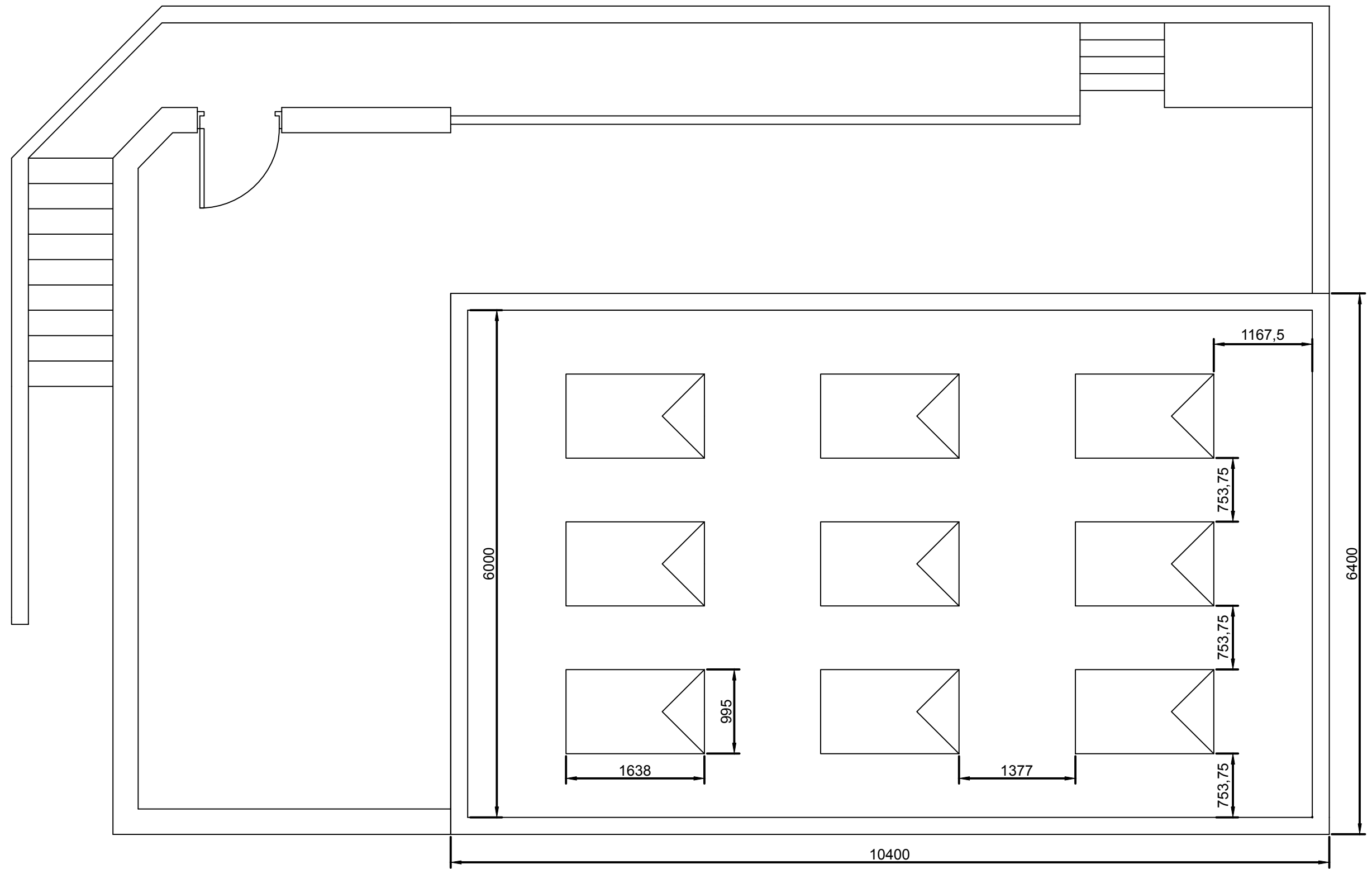
E 1:2000000

| TRABAJO FIN DE GRADO    |                     |       |   |
|-------------------------|---------------------|-------|---|
| Fecha                   | Fecha               | Autor | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017              | Óscar Jesús         |       |   |
| Dib.(apellidos)         | Bethencourt Navarro |       |   |
| Id. s. normas           | UNE-EN-DIN          |       |   |
| ESCALA:<br>ESPECIFICADA | EMPLAZAMIENTO       |       | Nº P. : 1<br>Nom.Arch:  |



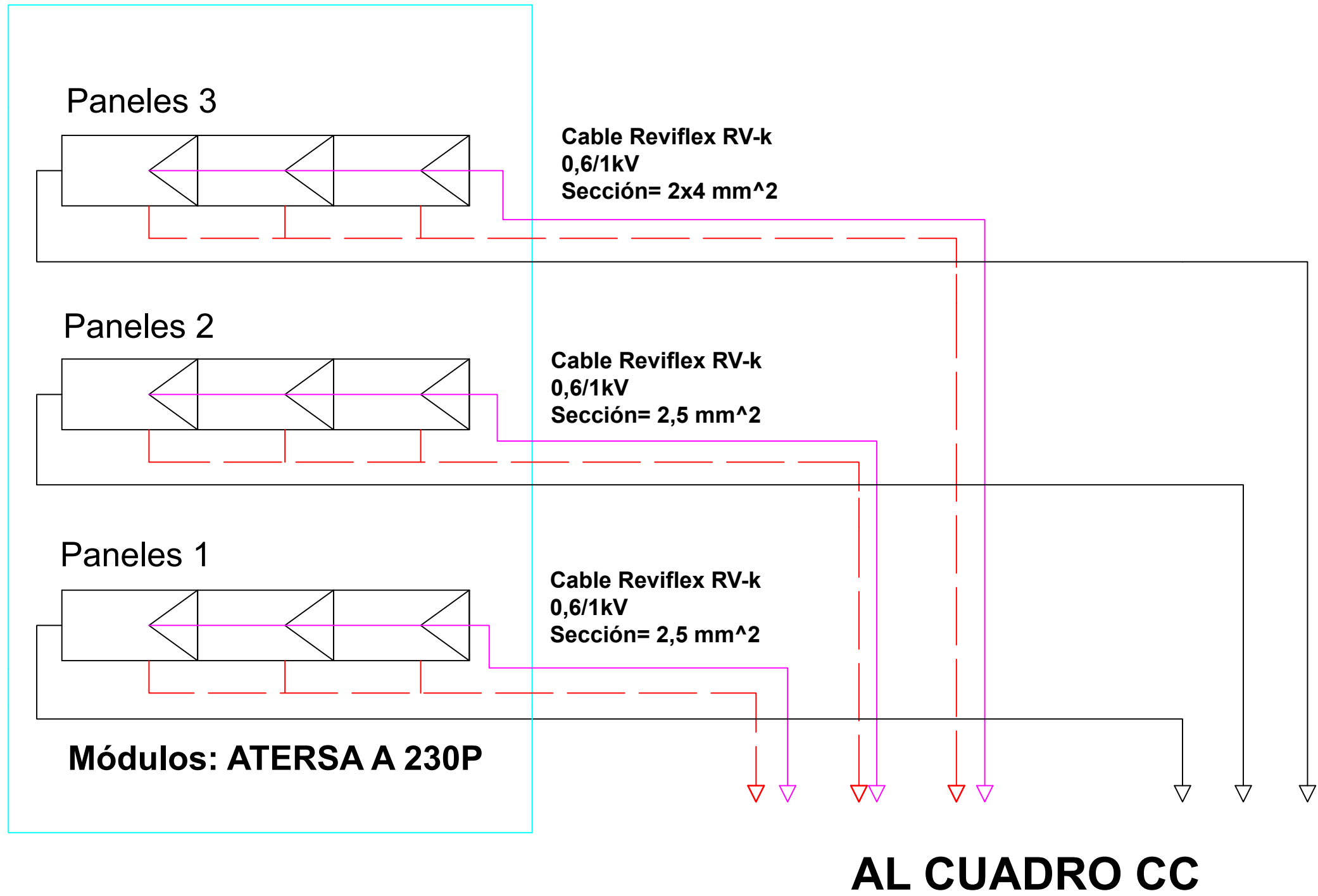


| TRABAJO FIN DE GRADO |                 |                                   |   |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------|---|
| Fecha                | Fecha           | Autor                             | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017           |                 | Óscar Jesús                       |   |
| Id. s. normas        |                 | Bethencourt Navarro<br>UNE-EN-DIN |   |
| ESCALA:<br>1:50      | ALZADO VIVIENDA |                                   | Nº P. : 2<br>Nom.Arch:  |



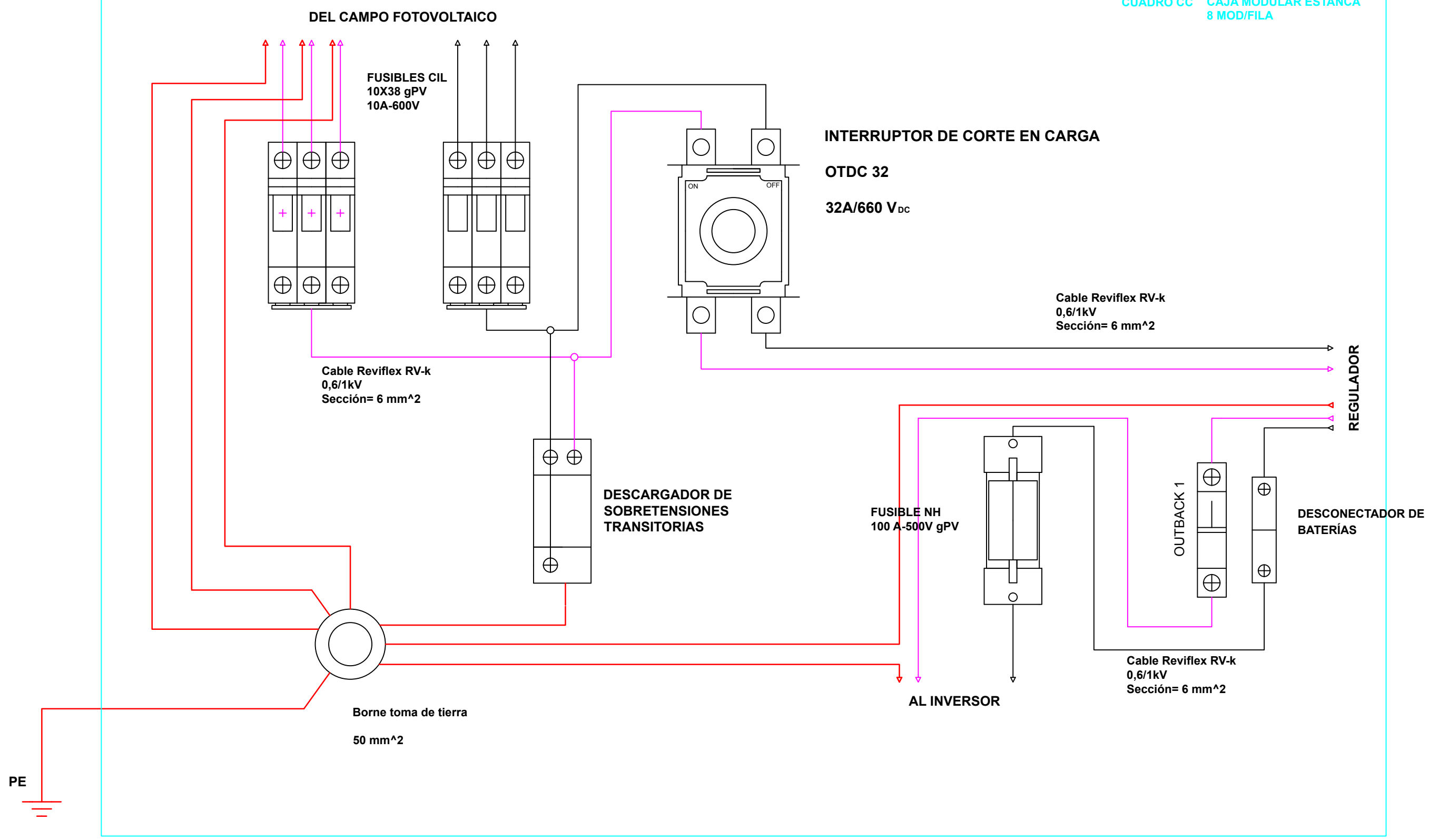
| TRABAJO FIN DE GRADO   |                            |  |                                      |
|------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|
|                        |                            |  | E.S.I.C.I.                           |
|                        | <i>Óscar Jesús</i>         |  | Grado Ingeniería Mecánica Industrial |
| <i>Dib.(apellidos)</i> | <i>Bethencourt Navarro</i> |  | Universidad de La Laguna             |
| <i>Id. s. normas</i>   | <i>UNE-EN-DIN</i>          |  |                                      |
| ESCALA:<br>1:50        | PLANTA VIVIENDA            |  | Nº P. : 3<br>Nom.Arch:               |

# CAMPO FOTOVOLTAICO



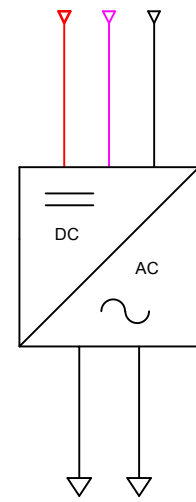
| TRABAJO FIN DE GRADO |                                       |                     |   |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|---|
| Fecha                | Fecha                                 | Autor               | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017           | Óscar Jesús                           | Bethencourt Navarro |   |
| Id. s. normas        | UNE-EN-DIN                            |                     |   |
| ESCALA:<br>S/E       | UNIFILAR CAMPO FOTOVOLTAICO-CUADRO CC |                     | Nº P. : 4<br>Nom.Arch:  |

CUADRO CC CAJA MODULAR ESTANCA  
8 MOD/FILA



| TRABAJO FIN DE GRADO |                    |                     |   |
|----------------------|--------------------|---------------------|---|
| Fecha                | Fecha              | Autor               | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017           | Óscar Jesús        | Bethencourt Navarro |   |
| Id. s. normas        | UNE-EN-DIN         |                     |   |
| ESCALA:<br>S/E       | UNIFILAR CUADRO CC |                     | Nº P. : 5<br>Nom.Arch:  |

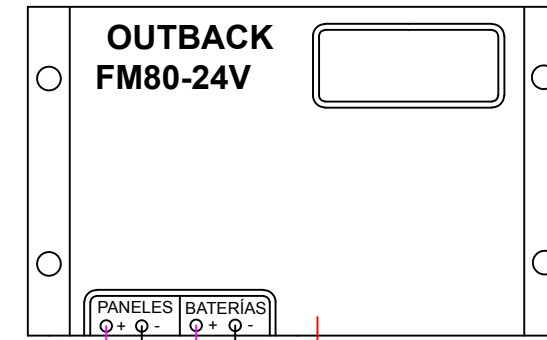
DEL CUADRO DE CC



**INVERSOR**

Cable Reviflex RV-k  
0,6/1kV  
Sección= 10 mm<sup>2</sup>

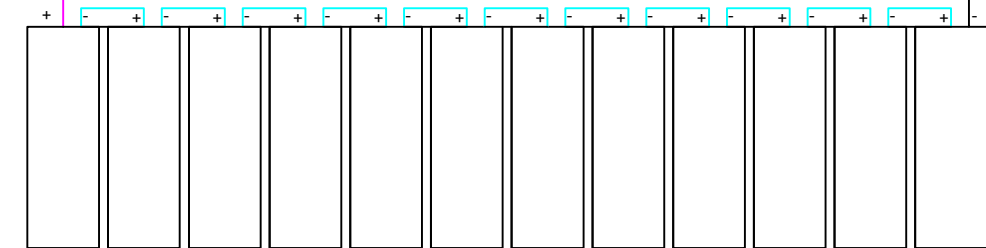
AL CUADRO AC



**REGULADOR DE CARGA**

AL CUADRO CC

Cable Reviflex RV-k  
0,6/1kV  
Sección= 16 mm<sup>2</sup>

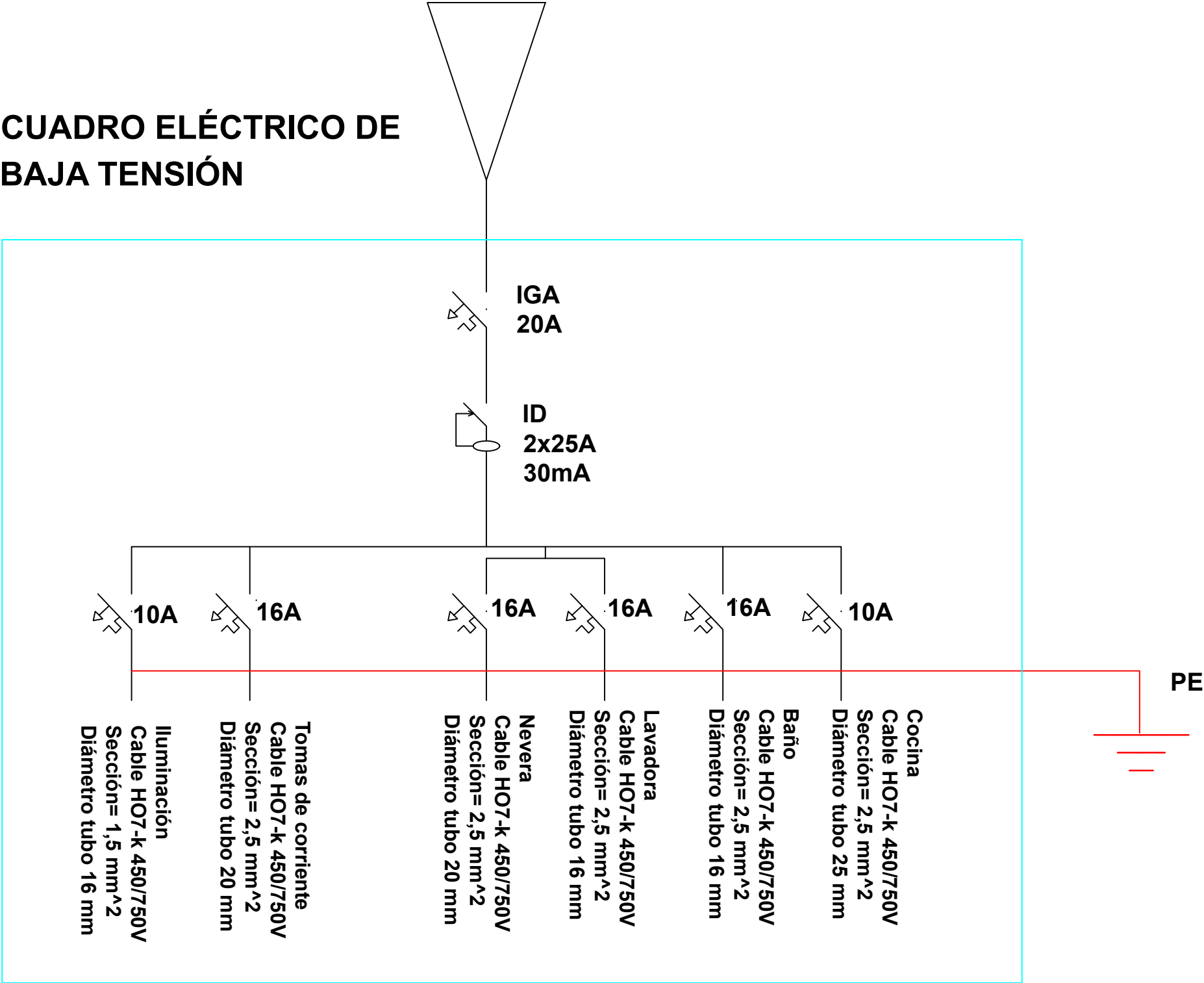


**BATERÍAS 24 V 10 0PzS**

| TRABAJO FIN DE GRADO |                             |                     |   |
|----------------------|-----------------------------|---------------------|---|
| Fecha                | Fecha                       | Autor               | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017           | Óscar Jesús                 | Bethencourt Navarro |   |
| Id. s. normas        | UNE-EN-DIN                  |                     |   |
| ESCALA:<br>S/E       | UNIFILAR REGULADOR-INVERSOR |                     | Nº P. : 6<br>Nom.Arch:  |

**DEL INVERSOR**

**CUADRO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN**



| TRABAJO FIN DE GRADO |                              |                     |   |
|----------------------|------------------------------|---------------------|---|
| Fecha                | Fecha                        | Autor               | <br>E.S.I.C.I.<br>Grado Ingeniería Mecánica Industrial<br>Universidad de La Laguna |
| 31/09/2017           |                              | Óscar Jesús         |   |
|                      |                              | Bethencourt Navarro |   |
| Id. s. normas        |                              | UNE-EN-DIN          |   |
| ESCALA:<br>S/E       | UNIFILAR CUADRO BAJA TENSIÓN |                     | Nº P. : 7<br>Nom.Arch:  |



**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# **Pliego de condiciones técnicas**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Índice Pliego de condiciones técnicas

|   |     |
|---|-----|
| -1.Objeto.....  | 109 |
| -2.Descripción general de la obra.....  | 109 |
| -3.Documentación del proyecto.....  | 109 |
| -4.Normativa de aplicación.....   | 110 |
| -5.Condiciones legales.....   | 113 |
| 5.1. Condiciones de carácter facultativo.....   | 113 |
| 5.1.1.Titular de las instalaciones y obligaciones.....  | 113 |
| 5.1.2.Ingeniero proyectista y obligaciones.....   | 115 |
| 5.1.3.Dirección facultativa.....  | 115 |
| 5.1.4.Empresa constructora y obligaciones.....  | 116 |
| 5.1.5.Director de proyecto: Project Manager.....  | 117 |
| 5.1.6.Empresa mantenedora.....  | 117 |
| 5.1.7.Agentes varios.....   | 118 |
| 5.2 Condiciones administrativas: trámites administrativos para una<br>instalación fotovoltaica..... | 119 |
| -6.Garantías.....   | 119 |
| 6.1. Términos económicos.....   | 119 |
| 6.2. Anulación de la garantía.....  | 120 |
| 6.3 .Modo de actuación: tiempo y lugar.....   | 120 |
| 6.4. Reparaciones.....  | 120 |
| 6.5. Riesgos excluidos.....   | 120 |
| -7.Componentes y materiales utilizados en la instalación.....                                       | 121 |
| 7.1.Paneles fotovoltaicos.....  | 122 |
| 7.2. Inversores.....  | 123 |
| 7.3.Cableado y canalización.....  | 124 |
| -8.Reconocimiento, pruebas y ensayos de las obras.....  | 124 |
| 8.1.Reconocimiento de las obras.....  | 124 |
| 8.2.Pruebas y ensayos.....  | 125 |
| -9.Referencias.....   | 126 |

## **1. Objeto.**

**1.1.** Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red, que por sus características estén comprendidas en el apartado segundo de este Pliego. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

**1.2.** Se valorará la calidad final de la instalación por el servicio de energía eléctrica proporcionado (eficiencia energética, correcto dimensionado, etc.) y por su integración en el entorno.

**1.3.** El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se aplica a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

**1.4.** En determinados supuestos del proyecto se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

**1.5.** Este PCT está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Energías Renovables.

## **2. Descripción general de la obra**

Instalación de paneles fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión en la cubierta de una vivienda unifamiliar situada en el municipio de Almáliga, Tenerife.

## **3. Documentación del proyecto**

Este proyecto contempla los documentos y contenidos obligatoriamente establecidos en las normativas específicas aplicables debido a sus características, y como mínimo consta de la documentación descriptiva, en textos y representación gráfica de la instalación eléctrica mediante planos.

A parte, también incluye anexos de los materiales y demás elementos y actividades considerados necesarios para la ejecución del mismo.

El proyecto deberá ser elaborado y entregado al Propietario o titular antes del comienzo de las obras y antes de su tramitación administrativa. Así pues, este contiene los siguientes apartados:

1. Memoria descriptiva, en la cual se recoge todos los aspectos principales de la instalación fotovoltaica a realizar como pueden ser: hoja de identificación, emplazamiento, objetivo, alcance, antecedentes, descripción de la instalación, componentes y materiales utilizados y tipo de instalaciones.
2. Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud (según corresponda de acuerdo con la normativa de seguridad laboral vigente).
3. Planos a escalas adecuadas (situación y emplazamiento, alzado, planta y perfil de la estructura simple, esquema de las distintos tipos instalaciones a realizar, esquemas unifilares).
4. Pliego de Condiciones Técnicas, Económicas, Administrativas y Legales.
5. Estudio Energético.
6. Anexo 1: Cálculos.
7. Anexo 2: Estudio de rentabilidad.
8. Anexo 3: Características de los componentes de la instalación.
9. Mediciones y presupuesto.
10. Otros documentos que la normativa específica considere obligatorios.

\* Si durante la tramitación o ejecución de la instalación se procede al cambio de empresa instaladora autorizada, este hecho deberá quedar expresamente reflejado en la documentación presentada por el interesado ante la Administración. En el caso de que ello conlleve cambios en el “Anexo1” y “Anexo 2” con respecto al diseño original, estos deberán acreditar la conformidad de la empresa autora de la misma o, en su defecto, aportar un nuevo proyecto.

#### **4. Normativa de aplicación**

A parte de las condiciones técnicas particulares de cada uno de los elementos contenidos en este pliego de condiciones, también han de ser de aplicación general con objeto de salvaguardar la calidad, rendimiento, tiempo de vida y funcionalidad de la instalación fotovoltaica las normas y reglamentos que se presentan a continuación. Leyes, resoluciones y Reales Decretos que tienen relación con las instalaciones fotovoltaicas:

-Real Decreto 2019/1977, de 26 de Diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.

-Ley 82/1980, de 30 de diciembre, sobre conservación de energía. BOE número 23 de 27-1-1981.

-Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

-Real Decreto 2366/1994, de 9 de Diciembre sobre producción de energía eléctrica para las instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables.

-Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

-Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial.

-Decreto Ley 26/1996, de 9 de febrero, de la Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias por el que se simplifican los procedimientos administrativos aplicables a las instalaciones eléctricas.

-Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

-Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Establece las condiciones administrativas y técnicas básicas de conexión a la red de baja tensión de las instalaciones solares fotovoltaicas, teniendo en cuenta sus especiales características, con la finalidad de establecer una regulación específica que permita el desarrollo de esa actividad.

-Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.

-Real Decreto 615/1998, de 17 de Abril, por el que se establece un régimen de ayudas y se regula su sistema de gestión en el marco del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética. BOE número 107 de 5/5/1998.

-Real Decreto 2018/1998, de 23 de diciembre, por el que se regula la producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración. Desarrolla la Ley en este aspecto, estableciendo un nuevo marco de funcionamiento para este tipo de fuentes energéticas, entre las que se encuentra la energía fotovoltaica.

-Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. Ámbito de aplicación: aplicación a las instalaciones fotovoltaicas de potencia nominal no superior a 100 kVA y cuya conexión a la red de distribución se efectuó en baja tensión. A estos efectos, se entenderá por conexión en baja tensión aquella que se efectuó en una tensión no superior a 1 kV.

-Real Decreto 1995/2000, 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 de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT-BT) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Especial importancia en este proyecto de: ITC-BT 40; Instalaciones generadoras de baja tensión y ITC-BT 19; Instalaciones interiores o receptoras.
- Ley 8/2005, de 21 de diciembre, de modificación de la Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.
- Real Decreto 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Pretende que un tercio de la demanda de electricidad esté cubierta por energías renovables. Establece el régimen jurídico y económico de la producción de energía en régimen especial, que permite a cualquier persona física o jurídica convertirse en productor de energía eléctrica aprovechando la energía que gratuitamente nos proporciona el Sol y otras, así como que el propietario de una instalación solar fotovoltaica pueda recibir una retribución razonable para costear sus inversiones, que se prolongará a lo largo de la vida de la instalación.
- Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Decreto ley 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Documento básico HE (ahorro de energía).
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones aisladas de red, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Julio 2011.
- Ordenanzas municipales, tener en cuenta las ordenanzas municipales que correspondan al lugar donde se realiza la instalación.
- Colección de Norma UNE del REBT y Normas UNE de carácter obligatorio.

-Otras normas UNE / EN / ISO / ANSI / DIN de aplicación específica que determine el Ingeniero proyectista.

## **5. Condiciones legales**

El conjunto de documentos que recoge este proyecto, con los posibles supuestos que pudieran establecerse, constituyen un contrato que fija y regula los deberes y derechos de ambas partes contratantes, comprometiéndose así a solucionar diferencias que pudieran surgir hasta su total cumplimiento.

Estas diferencias, serán resueltas por afables agentes, y el orden preferente será:

-Ingeniero proyectista, a quién se considerará como única persona técnica para las dudas e interpretaciones del presente pliego.

-En defecto del primero, por el ingeniero designado por la Delegación del Colegio Oficial de Ingenieros de la zona.

Si estos dos agentes no lograrán redimir tales diferencias, serán los tribunales competentes los encargados de hacerlo, órgano al cual ambas partes contratantes deberán someterse tras dictada sentencia.

El contrato se oficializará como documento privado o público a petición de cualquiera de las partes involucradas y con arreglo a las disposiciones vigentes. Dicho contrato recogerá los posibles supuestos que acuerden ambas partes, modificando y mejorando lo expuesto en el pliego de condiciones técnicas, el cual se incorporará al contrato como documento.

A continuación, para entender mejor lo anteriormente citado se realizará una breve descripción de los principales agentes involucrados en un proyecto de ingeniería, abordando cuáles son sus principales obligaciones y funciones.

### **5.1. Condiciones de carácter facultativo**

#### **5.1.1. Titular de la instalación y obligaciones**

El titular tendrá dos vías para realizar cualquier solicitud o trámite respecto a su instalación: vía telemática a la empresa (correo electrónico e internet); confirmando siempre la identidad del interesado, asegurando la constancia de su recepción y originalidad, integridad y conservación del documento o en forma escrita; la cual se dirigirá al director general competente en materia de energía y se presentará en el registro de la Consejería en materia de energía, o en cualquiera de los lugares habilitados por el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Antes de iniciar el procedimiento correspondiente, el titular de las mismas deberá disponer del punto de conexión a la red de distribución o transporte y de los oportunos permisos que le habiliten para la ocupación de suelo. En caso de no poseer todos los permisos de paso deberá iniciar la tramitación conjuntamente con la de utilidad pública cuando proceda.

El titular o propiedad de una instalación eléctrica podrá actuar mediante representante, el cual deberá acreditar, para su actuación frente a la Administración, la representación con que actúa, de acuerdo con lo establecido en el artículo 32.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Junto con las solicitudes de: puesta en servicio de las instalaciones eléctricas privadas, las de producción en régimen especial y las instalaciones eléctricas de baja tensión que requieran mantenimiento (establecido en el decreto 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias), deberá realizarse un contrato de mantenimiento con la empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, donde aparecerá nombrado el responsable técnico de mantenimiento. Sin embargo, cuando el titular acredita que dispone de los medios suficientes, tanto técnico como humanos, para efectuar el adecuado mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. Obligaciones del titular:

- 1) Ser titular del solar sobre el que se va a construir, o del edificio donde se realiza la instalación.
- 2) Facilitar la documentación e información necesaria para la redacción del proyecto, y autorizar al director de obra para modificaciones del mismo.
- 3) Gestionar y obtener las licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- 4) Disponer de seguros que garanticen los daños materiales que la obra pueda sufrir.
- 5) El titular está obligado en la fase de redacción del proyecto a elaborar un estudio de seguridad y salud en los siguientes supuestos:
  - El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea superior a 450.000 euros.
  - Que la duración estimada sea superior a 30 días, empleándose en algún momento más de 20 empleados.
  - Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.
- 6) Contratar un coordinador de Seguridad y salud durante la ejecución de la obra, cuando en la obra hay más de una empresa, o sean varios trabajadores autónomos.



### 5.1.2. Ingeniero proyectista y obligaciones

El proyectista es la persona/s que, por encargo del titular y sujeto a la normativa técnica y la reglamentación obligatoria, redacta todos los documentos de que consta el proyecto.

Esta documentación es la que el cliente utiliza para obtener los permisos y licencias. También la hace llegar a los contratistas y constructores para que preparen sus ofertas económicas, a fin de contratar la obra correspondiente.

Obligaciones:

- 1) Disponer de la titulación académica y profesional que le habilite para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas (empresas), designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional necesaria.
- 2) Redactar el proyecto según la normativa vigente.
- 3) Definir de forma correcta y precisa el producto industrial, haciendo constar: los datos básicos de partida, especificación de materiales, desarrollo de los cálculos que se señalen en cada normativa y pruebas y controles que deban realizarse, poniendo de manifiesto que el proyecto cumple la legislación vigente, en especial lo relativo a normas y elementos de seguridad.
- 4) Si se trata de Empresa de Ingeniería, estar inscrita en el registro de sociedades de ingenierías y consultoras.
- 5) Si se trata de empresa de ingeniería extranjera, deberá tener autorizado el correspondiente contrato de asistencia técnica suscrito con alguna Empresa de Ingeniería española.

### 5.1.3. Dirección facultativa:

Responsabilidades y obligaciones. El director de obra o director facultativo, sea o no el autor del proyecto, suele asesorar al cliente en su relación con los contratistas. Cuidará porque los productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación dispongan de acreditaciones que aseguren la calidad de los mismos.

Responsabilidades:

- 1) El director facultativo de obra es responsable de que la obra se ejecute en correspondencia directa con el proyecto, incluyendo las modificaciones expresamente aprobadas por él.
- 2) Es responsable de mantener el buen estado de las obras durante la fase de construcción.
- 3) Es responsable de cualquier accidente que por su imprevisión pueda acontecer durante la ejecución de los trabajos.

4) No es responsable, ni de los plazos de ejecución ni de los costes.

Obligaciones:

- 1) Titulación académica y profesional habilitante necesaria.
- 2) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- 3) Libro de órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- 4) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, (modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra que las mismas se adapten a las disposiciones normativas).
- 5) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados en su caso fueran preceptivos.

#### **5.1.4. Empresa constructora y sus obligaciones**

La empresa constructora o contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial que asume bajo contrato ante del titular, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras que conforman el proyecto con medios humanos y materiales, propios o ajenos.

Muchas veces realiza la subcontratación de partes de la obra a otras empresas, en este caso, éstas reciben entonces el nombre de empresas subcontratadas o subcontratas.

Obligaciones:

- 1) Ejecutar la obra según los documentos del proyecto, legislación aplicable / vigente y a las instrucciones del Director Facultativo de la Obra.
- 2) Tener la titulación o capacitación profesional que le habilita para actuar como constructor.
- 3) Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada para ejecutar la complejidad de la obra.
- 4) Proporcionar a la obra los medios humanos y materiales que se requiere.
- 5) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- 6) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- 7) Facilitar al director facultativo de obra los datos que solicite.

8) Designar el Coordinador de Seguridad y Salud para la ejecución de la obra, siempre que este no haya sido asignado por el Promotor.

La empresa constructora cuidará de la perfecta conservación y reparación de las obras, subsanando cuantos daños o desperfectos aparezcan en las obras, procediendo al arreglo, reparación o reposición de cualquier elemento de la obra.

#### 5.1.5. Director de proyectos: Project Manager

Se encarga de gestionar todos los recursos humanos y no humanos que aparecen en todas las fases del proyecto. La labor de este director es fundamentalmente organizativa y le exime de las responsabilidades técnicas, civiles y penales que puedan surgir durante las diversas fases del proyecto (estas serán asumidas por los proyectistas, directores facultativos, coordinadores de seguridad, promotores, constructores, etc.)

Su responsabilidad es la que tenga con respecto a su empresa. (Planificación de las tareas a realizar).

#### 5.1.6. Empresa mantenedora

No es necesaria su contratación. El titular acredita que dispone de los medios suficientes, tanto técnico como humanos, para efectuar el adecuado mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas.

En la siguiente tabla se recogen los principales procedimientos de mantenimiento que se aplican normalmente.

| Procedimientos de mantenimiento | Función que realiza  |
|---------------------------------|--|
| 1. Correctivo                   | Reparar o sustituir aquellos elementos que por avería o rotura se hayan deteriorado o roto, y como consecuencia, ser la causa de la parada de la máquina o instalación                                 |
| 2. Preventivo                   | Revisión periódica de la instalación, reparando y sustituyendo las piezas y elementos que se pueden romper o averiar, para así, evitar la parada de la máquina o instalación durante su funcionamiento |
| 3. Predictivo                   | Detección de los posibles fallos por seguimiento del comportamiento de elementos y repararlos o sustituirlos antes de que se produzca la avería.   |
| 4. Selectivo                    | Modificación o sustitución parcial de los elementos básicos de la máquina o instalación, de acuerdo con un estudio o programa  |
| 5. Normativo                    | Sustitución de elementos o adecuación de los mismos a la normativa legal, especialmente cuando se refiere a seguridad  |
| 6. Modificativo                 | Actualización y mejora de las máquinas o instalaciones con un fin determinado  |
| 7. Productivo total (TPM)       | Asociación de las funciones del operario y conductor del proceso de fabricación con las de mantenedor de su propia instalación   |

De entre los procedimientos que se recogen en esta tabla, son los tres primeros los más utilizados (correctivo, preventivo, y predictivo).

### 5.1.7. Agentes Varios

#### 1) Trabajador autónomo

Es la persona física distinta del contratista y del subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, asumirá contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena tendrá la consideración de contratista o subcontratista a efectos de responsabilidades.

#### 2) Subcontratas:

Es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto.

#### 3) Consultoras:

Facilitan personal específico capacitado para emitir juicios razonados sobre aspectos que puedan influir en la realización del proyecto. (Geólogos, químicos, físicos, etc.)

#### 4) Entidades financieras:

Financian la ejecución de los proyectos

#### 5) Entidades aseguradoras:

Gestionar los seguros que cubran la obra en todos sus aspectos.

#### 6) Colegios profesionales:

Suelen asesorar a los proyectistas a nivel técnico, de reglamentación, a nivel fiscal, etc. Además de encargarse del visado de los mismos.

#### 7) Coordinador de seguridad y salud en la elaboración del proyecto de obra

Es aquel técnico designado por el promotor, generalmente es el mismo proyectista, encargado de aplicar, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en las fases de estudio y elaboración del proyecto de obra.

#### 8) Coordinador de seguridad y salud en la ejecución de obra

Es el técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor con la titulación académica que indique la ley.

Se encargará de:

- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores. (Formación)
- Encomendar las tareas a desarrollar en función de las capacidades profesionales de los trabajadores.
- Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

## **5.2 Condiciones administrativas: trámites administrativos para una instalación fotovoltaica**

Los trámites pertinentes a realizar para una instalación generadora fotovoltaica que se conecta a red, son los siguientes:

1. Licencia de obra. En el ayuntamiento a cuyo terreno pertenece el solar donde se vaya a realizar la instalación generadora fotovoltaica.
2. Alta anual en Hacienda, mediante el módulo 036.
3. Solicitud del acta de puesta en marcha de la instalación. Boletín de instalación emitido por instalador autorizado en baja tensión.
4. Comprobaciones a realizar por parte de la empresa distribuidora:
  - Conexión en pruebas.
  - Fase de pruebas.
  - Conexión definitiva.

Nota: Las comprobaciones, mediciones y verificaciones a realizar sobre la instalación fotovoltaica a la red eléctrica de baja tensión por parte de la compañía distribuidora antes de proceder la conexión definitiva se harán de acuerdo con la ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión.

## **6. Garantías**

En caso de avería técnica la instalación ha de ser reparada de acuerdo con las condiciones generales expuesta en este pliego de condiciones, es decir, por la empresa constructora, exceptuando aquellos casos en los cuales la instalación haya sido objeto de un incorrecto uso respecto al manual de instrucciones.

Dicha garantía es concedida a favor del comprador de la instalación, el cual debe recibir el correspondiente certificado de garantía con la fecha que se acredite la entrega de la instalación fotovoltaica.

### **6.1. Términos económicos**

Los gastos por la reparación o sustitución de los componentes y piezas que puedan encontrarse en mal estado se encuentran incluidos dentro de los términos fijados en la garantía.

No están excluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante. Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si dentro de un período razonable, la entidad competente no cumple las debidas obligaciones recogidas de la garantía, el propietario de la instalación puede, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicha entidad cumpla con sus obligaciones y en caso de que esta no cumpla con sus obligaciones en dicho plazo último, el propietario de la instalación puede realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido la entidad competente.

## **6.2. Anulación de la garantía**

La empresa constructora posee el derecho de anular la garantía de la instalación cuando esta haya sido reparada, alterada o desmontada por personas totalmente ajenas a ella misma o servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por ella misma.

## **6.3. Modo de actuación: tiempo y lugar**

La percepción de un defecto en el funcionamiento de la instalación será comunicada por parte del propietario a la empresa constructora de forma inmediata. En caso de que la misma constate que dicho defecto se trata de un defecto de fabricación en algún componente esta lo comunicará directamente a la empresa fabricante.

El tiempo de respuesta por parte de la entidad competente variará dependiendo del tipo de avería que sufra la instalación; siendo menor el plazo cuando la instalación no funcione y mayor cuando la avería no afecte al funcionamiento de la instalación.

## **6.4. Reparaciones**

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada in situ, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante pertinente y todos los cargos correrán a cuenta cargo la entidad competente.

Se realizarán las reparaciones o sustituciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días hábiles.

## **6.5. Riesgos excluidos**

Esta garantía no cubre los daños que puedan haberse producido por alguna de las siguientes causas:

- 1) Mal uso, negligencia y/o mantenimiento erróneo del sistema aplicado a consecuencia del no seguimiento por el propietario de las recomendaciones de uso, mantenimiento y limpieza del sistema o de cualquier otra recomendación manifestada por la empresa constructora.

- 2) Actos de vandalismo, disturbios civiles y otros actos policiales, en general.
- 3) Daños por fuerza mayor y/o riesgos de la naturaleza (vientos, lluvias, catástrofes, etc.).
- 4) Ataques producidos por agentes mecánicos y/o químicos como son el vertido de productos cuya concentración sea superior o por productos a los que no es resistente el material, de acuerdo con las especificaciones suministradas por la empresa constructora.
- 5) Trato incorrecto del sistema fotovoltaico tal como caída de piezas, cizallamientos, entre otros.
- 6) Daños provocados por la ejecución de cualquier obra o instalación adicional sobre la instalación renovable.

## **7. Componentes y materiales utilizados en la instalación**

A continuación, se explica brevemente cuales han de ser las características y los requisitos básicos respecto a la norma de los componentes y materiales utilizados en una instalación fotovoltaica de este tipo.

1) Todas las instalaciones deberán cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o legislación posterior vigente.

2) Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico (clase I) para equipos y materiales.

-Clase I: Los aparatos deben tener su chasis conectado a una toma de tierra por un conductor (de color amarillo/verde en la mayoría de los países y verde en los Estados Unidos, Canadá y Japón).

Un fallo en el aparato que hace que un conductor con tensión entre en contacto con la carcasa lo que causará un flujo de corriente en el conductor de tierra. Esta corriente puede pasar a través de un interruptor diferencial (interruptor de circuito por falla de tierra), que cortará el suministro de electricidad en el aparato.

3) Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos, especialmente en instalaciones con tensiones de operación superiores a 50 VRMS o 120 VDC. Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico clase II.

-Clase II: Dispositivo de Clase II o aparato con doble aislamiento eléctrico es uno que ha sido diseñado de tal forma que no requiere una toma a tierra de seguridad eléctrica. El requisito básico es que un fallo simple no puede dar lugar a tensiones peligrosas que se exponga lo que podría causar una descarga eléctrica y que esto se logra sin depender de una caja metálica conectada a tierra. Esto se consigue normalmente porque tiene dos capas de material aislante que rodea las partes con tensiones peligrosas o utilizando un aislamiento reforzado.

- 4) Todos los materiales situados en el exterior de la vivienda se encontrarán protegidos frente agentes ambientales, como puedan ser el efecto de la radiación solar y la humedad. Grado mínimo de protección IP65.
- 5) Se incluirán todas protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas, y sobretensiones.
- 6) Las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética que han de cumplir todos los equipos electrónicos tendrán que ser certificadas por el fabricante y revisadas a la hora de realizar la instalación.
- 7) El proyecto en sí incluirá toda la información con las especificaciones técnicas, proporcionadas por el fabricante, de todos los elementos de la instalación.
- 8) Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. De los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales o en su defecto en inglés.

### **7.1.Paneles fotovoltaicos**

Los módulos fotovoltaicos deben cumplir las especificaciones UNE-EN 61215, para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como haber sido verificados por algún laboratorio reconocido, por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc. Este requisito se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Además el módulo llevará de manera visible el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

Respecto a sus parámetros más característicos, potencia máxima y corriente de cortocircuito real, estos deben comprender un margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo. A parte, cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Si se utilizarán módulos fotovoltaicos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso cualquier producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.



## 7.2. Inversores

También conocido como convertidor de CC/CA. Los inversores son dispositivos electrónicos que transforman corriente continua en corriente alterna monofásica o trifásica, haciéndola apta para sus aplicaciones tanto para la vivienda, como para la industria, o para realizar la conexión a las redes eléctricas de media o baja tensión en corriente alterna (CA).

Requisitos técnicos:

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fijas (valores eficaces de tensión y frecuencia de salida fijos). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes. A continuación se enumeran los mismos:

1) Se recomienda el uso de inversores de onda senoidal, aunque se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA.

2) Como norma general, los inversores se conectarán a la salida de los strings o filas de módulos fotovoltaicos.

3) El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

4) La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes en cualquier condición de operación:

- VNOM +15% / -10%, siendo VNOM: 220 VRMS ó 230

- 50 Hz 2%

5) El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

6) Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones: tensión de entrada fuera del margen de operación, cortocircuito en la salida de corriente alterna y sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

7) Los inversores deberán estar etiquetados con al menos con la siguiente información:

- Potencia nominal (VA).

- Tensión nominal de entrada (V).

- Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida.

- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

- Polaridad y terminales.

### **7.3. Cableado y canalización**

Serán los que se indican en los documentos del presente proyecto (ver Anexo1: Cálculos) y en todo momento cumplirán con las prescripciones generales establecidas en la ICT-BT-19 del REBT.

Estos serán de cobre y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como se indica en la ICT-BT-20 del REBT.

El cobre utilizado en la fabricación de cables o realización de conexiones de cualquier tipo o clase, cumplirá las especificaciones contenidas en la Norma UNE correspondiente y el REBT, siendo de tipo comercial puro, de calidad y resistencia mecánica uniforme y libre de todo defecto mecánico. No se admite la colocación de conductores que no sean los especificados en los esquemas eléctricos del presente proyecto.

Los conductores tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos, debiendo ser suficiente además para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos. Así pues, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1.5% y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 1.5%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie. 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.

## **8. Reconocimiento, pruebas y ensayos de las obras**

### **8.1. Reconocimiento de las obras**

En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales instalados coinciden con los admitidos por la dirección facultativa en el control previo efectuado antes de su instalación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento. Previamente al reconocimiento de las obras, la empresa constructora habrá retirado todos los materiales sobrantes hasta dejarla completamente limpia y despejada. Al mismo tiempo se comprobará que la realización de la instalación eléctrica ha sido llevada a cabo y terminada, correcta y completamente. En particular, se resalta la comprobación y la verificación de los siguientes puntos:

- 1) Ejecución de los terminales, empalmes, derivaciones y conexiones en general.
- 2) Fijación de los distintos aparatos, seccionadores, interruptores y otros colocados.

3) Tipo, tensión nominal, intensidad nominal, características y funcionamiento de los aparatos de maniobra y protección.

Todos los cables de baja tensión así como todos los puntos de luz y las tomas de corriente serán probados durante 24 horas, de acuerdo con lo que la dirección facultativa crea oportuno. Si los calentamientos producidos en las cajas de derivación, empalmes, terminales, fueran excesivos, a juicio de la dirección facultativa, se rechazará el material correspondiente, que será sustituido por otro nuevo por cuenta de la empresa constructora.

## 8.2. Pruebas y ensayos

Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte de la empresa constructora que se indican a continuación en este pliego de condiciones técnicas:

- 1) Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- 2) Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- 3) 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.
- 4) Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con los procedimientos experimentales utilizados: 1 célula solar calibrada de tecnología equivalente, 1 termómetro de mercurio de temperatura ambiente, 1 multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA), 1 pinza amperimétrica de CC y CA.

Nota: Si esto no fuera posible, puede estimarse la potencia instalada utilizando datos de catálogo y de la instalación, y realizando algunas medidas sencillas con una célula solar calibrada, un termómetro, un voltímetro y una pinza amperimétrica. Si tampoco se dispone de esta instrumentación, puede usarse el propio contador de energía. En este mismo orden, el error de la estimación de la potencia instalada será cada vez mayor.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado.

A parte de estas pruebas y ensayos también se realizarán las siguientes comprobaciones:

Medida de aislamiento de la instalación: el ensayo de aislamiento se realizará para cada uno de los conductores activos en relación con el neutro puesto a tierra, o entre conductores activos aislados. La medida de aislamiento se efectuará según lo indicado en el artículo 28 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Protecciones contra sobretensiones y cortocircuitos: se comprobará que la intensidad nominal de los diversos interruptores automáticos sea igual o inferior al valor de la intensidad máxima del servicio del conductor protegido.

Empalmes: se comprobará que las conexiones de los conductores son seguras y que los contactos no se calientan normalmente.

Medición de los niveles de aislamiento de la instalación de puesta a tierra con un óhmetro previamente calibrado, verificando, el ingeniero director, que están dentro de los límites admitidos.

Antes de proceder a la recepción definitiva de las obras, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras.

## 9. Referencias

[1] Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción.

[2] José Roldán Vilorio. Instalaciones solares fotovoltaicas. Paraninfo.

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Trabajo de Fin de Grado**

---

# Mediciones y Presupuestos

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

| UD    | MÓDULOS FOTOVOLTAICOS  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida  |
|-------|--|------------|------------|------------|
| Ud    | Módulo fotovoltaico con células de silicio policristalino, modelo: <b>Atersa A 230 P</b> | 9          | 318,00 €   | 2.862,00€  |
| Ud    | Accesorios montaje con ganchos de anclaje de módulo fotovoltaico                         | 1          | 25,00 €    | 25,00 €    |
| Ud    | Material eléctrico para conexión de módulo   | 1          | 38,00 €    | 38,00 €    |
| h     | Oficial 1º electricista  | 2          | 16,51 €    | 33,02 €    |
| h     | Ayudante electricista  | 2          | 15,40 €    | 30,80 €    |
| TOTAL |  |            |            | 2.988,82 € |

| UD    | REGULADOR  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| Ud    | Regulador fotovoltaico, modelo FM-80-24V (OUTBACK) | 1          | 689,34 €   | 689,34 €  |
| h     | Oficial 1ª electricista                            | 0,5        | 16,51 €    | 8,26 €    |
| TOTAL |  |            |            | 697,60 €  |

| UD    | BATERÍAS  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida  |
|-------|---|------------|------------|------------|
| Ud    | Batería estacionaria: <b>HAWKER ECOSAFE TYS 10 OPzS 2 v</b> | 12         | 345,33 €   | 4.143,96 € |
| h     | Oficial 1º electricista                                     | 2          | 16,51 €    | 32,02 €    |
| h     | Ayudante electricista                                       | 2          | 15,40 €    | 30,80 €    |
| Ud    | Material eléctrico para conexión de baterías                | 1          | 40,00 €    | 40,00 €    |
| Ud    | Accesorios de montaje sobre hormigón.                       | 1          | 33,00 €    | 33,00 €    |
| TOTAL |   |            |            | 4.280,78 € |

| UD    | INVERSOR   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida  |
|-------|--|------------|------------|------------|
| Ud    | Inversor: modelo Phoenix Inverter C24/3000 (VICTRON) | 1          | 1.846,46 € | 1.846,46 € |
| h     | Oficial 1ª electricista                              | 0,5        | 16,51 €    | 8,26 €     |
| TOTAL |  |            |            | 1.854,72 € |

| UD    | ESTRUCTURA              | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|-------------------------|------------|------------|-----------|
| Ud    | SUNFER FV 915 x 3       | 3          | 250,4 €    | 751,14 €  |
| h     | Oficial 1ª electricista | 4          | 16,51 €    | 66,04 €   |
| h     | Ayudante electricista   | 4          | 15,40 €    | 61,60 €   |
| TOTAL |                         |            |            | 878,78 €  |

| UD    | CONDUCTOR 2,5 mm <sup>2</sup>  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Cable unipolar ReviFlex RV-K(AS), aislamiento termoplástico, libre de halógenos y no propagador de humos, 0'61/1KV | 40         | 0,41 €     | 16,40 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista  | 3          | 16,51 €    | 49,53 €   |
| h     | Ayudante electricista  | 3          | 15,40 €    | 46,20 €   |
| TOTAL |  |            |            | 112,13 €  |

| UD    | CONDUCTOR 4 mm <sup>2</sup>  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Cable unipolar ReviFlex RV-K(AS), aislamiento termoplástico, libre de halógenos y no propagador de humos, 0'61/1KV | 30         | 0,62 €     | 18,60 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista  | 3          | 16,51 €    | 49,53 €   |
| h     | Ayudante electricista  | 3          | 15,40 €    | 46,20 €   |
| TOTAL |  |            |            | 114,35 €  |

| UD    | CONDUCTOR 16 mm <sup>2</sup>   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Cable unipolar ReviFlex RV-K(AS), aislamiento termoplástico, libre de halógenos y no propagador de humos, 0'61/1KV | 4          | 2,44 €     | 9,76 €    |
| h     | Oficial 1ª electricista  | 0,5        | 16,51 €    | 8,26 €    |
| h     | Ayudante electricista  | 0,5        | 15,40 €    | 7,70 €    |
| TOTAL |  |            |            | 25,72 €   |

| UD    | CONDUCTOR 50 mm <sup>2</sup>   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Cable unipolar ReviFlex RV-K(AS), aislamiento termoplástico, libre de halógenos y no propagador de humos, 0'61/1KV | 4          | 3,77 €     | 15,08 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista  | 0,5        | 16,51 €    | 8,26 €    |
| h     | Ayudante electricista  | 0,5        | 15,40 €    | 7,70 €    |
| TOTAL |  |            |            | 31,04 €   |

| UD    | CONDUCTOR tierra general  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|---|------------|------------|-----------|
| m     | Cable de tierra o conductor de cobre desnudo tipo sirga de sección 35 mm <sup>2</sup> | 12         | 1,99 €     | 23,88 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista   | 0,3        | 16,51 €    | 4,95 €    |
| h     | Ayudante electricista   | 0,3        | 15,40 €    | 4,62 €    |
| TOTAL |   |            |            | 878,78 €  |

| UD    | CONDUCTOR tierra equipos  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|---|------------|------------|-----------|
| m     | Cable unipolar ReviFlex RV-K(AS), aislamiento termoplástico, libre de halógenos y no propagador de humos, 0'61/1KV, sección 6 mm <sup>2</sup> | 50         | 1,06 €     | 53,00 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista   | 3          | 16,51 €    | 49,53 €   |
| h     | Ayudante electricista   | 3          | 15,40 €    | 46,20 €   |
| TOTAL |   |            |            | 148,73 €  |

| UD    | CANALIZACIÓN   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Tubo PVC, serie B, de 25 mm <sup>2</sup> de diámetro | 10         | 0,59 €     | 5,90 €    |
| h     | Oficial 1ª electricista                              | 0,5        | 16,51 €    | 8,26 €    |
| TOTAL |  |            |            | 14,16 €   |

| UD    | CANALIZACIÓN   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Tubo PVC, serie B, de 32 mm <sup>2</sup> de diámetro | 50         | 0,59 €     | 29,50 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista                              | 2          | 16,51 €    | 33,02 €   |
| TOTAL |  |            |            | 66,52 €   |

| UD    | CANALIZACIÓN   | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| m     | Tubo PVC, serie B, de 63 mm <sup>2</sup> de diámetro | 4          | 0,72 €     | 2,88 €    |
| h     | Oficial 1ª electricista                              | 2          | 16,51 €    | 3,30 €    |
| TOTAL |  |            |            | 6,18 €    |

| UD    | PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| Ud    | Fusible cilíndrico PMP 10x38, In=10 A; PdC= 30 kA; U=1000V, fusibles gPV | 6          | 0,45 €     | 2,70 €    |
| Ud    | Bases portafusibles PMP 10x38  | 6          | 1,74 €     | 10,44 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista  | 0,2        | 16,51 €    | 3,30 €    |
| TOTAL |  |            |            | 16,44 €   |



| UD    | PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA                | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| Ud    | Fusible de cuchilla NH 00 100 A-500V; clase gG | 1          | 4,61 €     | 4,61 €    |
| Ud    | Bases portafusibles unipolar 100 A             | 1          | 2,35 €     | 2,35 €    |
| h     | Oficial 1ª electricista                        | 0,1        | 16,51 €    | 1,65 €    |
| TOTAL |  |            |            | 8,61 €    |

| UD    | PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA                  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| Ud    | Interruptor de corte en carga OTDC 32 (32ª/660V) | 1          | 243,00 €   | 243,00 €  |
| h     | Oficial 1ª electricista                          | 0,1        | 16,51 €    | 1,65 €    |
| TOTAL |  |            |            | 244,65 €  |

| UD    | PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA                        | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|--|------------|------------|-----------|
| Ud    | Descargador de sobretensiones transitorias PU II 2+1/R | 1          | 98,50 €    | 98,50 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista                                | 0,1        | 16,51 €    | 1,65 €    |
| TOTAL |  |            |            | 100,15 €  |

| UD    | PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA           | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|---|------------|------------|-----------|
| Ud    | Desconectador de Baterías TECHNO SUN 200A | 1          | 90,59 €    | 90,59 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista                   | 0,1        | 16,51 €    | 1,65 €    |
| TOTAL |   |            |            | 92,24 €   |

| UD    | CONDUCTOR tierra equipos  | Cantidades | P.Unitario | P.Partida |
|-------|---|------------|------------|-----------|
| m     | Material necesario para el conexionado e instalación de todos los equipos y elementos tales como: grapa abarcón para conexión de pica, caja estanca plexo IP55 rectangular 310x240mm, etc | 1          | 50,00 €    | 50,00 €   |
| h     | Oficial 1ª electricista   | 2,5        | 16,51 €    | 41,28 €   |
| h     | Ayudante electricista   | 2,5        | 15,40 €    | 23,10 €   |
| TOTAL |   |            |            | 114,48 €  |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Total Instalación Fotovoltaica              | 12028,46 €        |
| <b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b> | <b>12028,46 €</b> |
| BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)                   | 721,71 €          |
| GASTOS GENERALES (10%)                      | 1202,846 €        |
| <b>PRESUPUESTO POR CONTRATA</b>             | <b>13953,2 €</b>  |
| LICENCIAS Y PERMISOS (6% PEM)               | 721,71 €          |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>14674,2 €</b>  |
| <b>Presupuesto final + IGIC (7%)</b>        | <b>15701,39 €</b> |

## **Grado en Ingeniería Mecánica**

### **Trabajo de Fin de Grado**

---

# **Conclusions**

---

Autor: Óscar Bethencourt Navarro

Tutor: Benjamín J. González Díaz

Fecha: Septiembre de 2017

## Conclusions

Canary Islands have unbeatable conditions and natural resources and in my opinion we have to take advantage of that, always with respect and trying to preserve the environment.

The idea is simple and easy to develop, because there are a lot of technological advances in the world of clean energy. Problems begin when you try to make sure your purposes you find many troubles with the laws which take into account the steps we have to carry out an photovoltaic installation.

In Spain, clean energy is a synonym of dark and dirty laws. We are the only place in the world that has to pay taxes to use alternative energies. Making sure an isolated solar energy installation is a challenge for anyone.

But there is one way to avoid all of this crooked politics, making an isolated installation.

Talking in general terms, we've done a simple photovoltaic installation, but what we really did is try to give and make sure the alternative kind of living.

Perhaps, the profitability is not the strength of an investment like that, but I believe it deserves a chance to save what we have left.