



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016

## **Hoja de identificación**

### **Título**

Proyecto de diseño de una instalación fotovoltaica en una granja.

### **Emplazamiento**

La granja está situada en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, concretamente en la isla de Tenerife, en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna en la carretera TF-263, Km 4.

### **Peticionario**

Escuela Superior de Ingeniería perteneciente a la Universidad de La Laguna.

### **Autor**

Jesús Manuel Jodral Hernández.

## Índice

<b>1. Memoria</b> .....	4
<b>2. Anexos</b> .....	28
<b>2.1. Datos previos</b> .....	28
<b>2.2. Cálculos</b> .....	35
<b>2.3. Instalación hidráulica</b> .....	76
<b>2.4. Estudio Básico de Seguridad y Salud</b> .....	85
<b>2.5. Especificaciones técnicas de los componentes</b> .....	110
<b>3. Planos</b> .....	132
<b>4. Pliego de condiciones técnicas</b> .....	143
<b>5. Mediciones</b> .....	159
<b>6. Presupuesto</b> .....	169



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Memoria**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## Índice

0. Abstract .....	9
1.- Aspectos Generales del Proyecto.....	10
1.1.- Objeto .....	10
1.2.- Alcance .....	10
1.3.- Peticionario .....	11
1.4.- Antecedentes.....	11
1.5.- Emplazamiento .....	12
1.6.- Normativa aplicable.....	13
2.- Motivación.....	14
3.- Dimensionado del sistema y componentes .....	15
4.- Sistema fotovoltaico aislado de la red .....	16
4.1.- Introducción general .....	16
4.2.- Componentes de la instalación .....	16
5.- Componentes de la instalación .....	17
5.1.- Módulos fotovoltaicos .....	17
5.1.1.- Soporte para módulos fotovoltaicos .....	18
5.2.- Regulador de carga .....	18
5.3.- Baterías .....	19
5.4.- Inversor .....	20
5.5.- Caseta para el inversor, baterías y regulador de carga.....	21
5.6.- Grupo electrógeno .....	21
5.7.- Paneles térmicos para agua caliente sanitaria.....	22
5.7.1.- Instalación hidráulica.....	23
6.- Conexión y protección .....	23
6.1.- Cableado .....	23
6.1.1.- Tramo 1: módulos fotovoltaicos – caja de protección de continua .....	23

6.1.3.- Tramo 3: Regulador de carga y baterías – inversor .....	24
6.1.4.- Tramo 3: Inversor – cuadro general de mando y protección.....	24
6.1.5.- Tramo 2: Grupo electrógeno – Cuadro General de Mando y protección.....	24
6.2.- Tuberías.....	24
6.3.- Protecciones eléctricas .....	24
6.3.1.- Protecciones de corriente continua.....	25
6.3.2.- Protecciones de corriente alterna.....	25
6.4.- Puesta a tierra .....	25
7.- Presupuesto.....	26
8.- Bibliografía.....	27
9.- Conclusiones .....	27





## **0. Abstract**

The constant increase of contamination in our planet leads us to search methods to avoid as much as possible the CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere. The first installations using renewable energies emerged under this premise; the same premise that took us to plan a self-sustaining facility, independent from the net.

To avoid depending on the net in this specific facility, it's been necessary to place 16 250 Wp photovoltaic panels and 130 batteries to supply the necessary autonomy to keep us from running out of electric supply in any moment.

However, the particular circumstances of this project don't allow us to keep it as a 100% clean installation, being necessary to have the support of a backup generator.

Apart from the photovoltaic facility, an installation with thermal plates has been also measured to allow the supply of hot water to the farm without needing an electric water heater.

## **1.- Aspectos Generales del Proyecto**

### **1.1.- Objeto**

El objeto del presente proyecto es realizar el Trabajo Fin de Grado del grado universitario de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante el mismo.

Se realizará una instalación fotovoltaica en una granja situada en el Término Municipal de San Cristóbal de La Laguna, con el fin de suministrar la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de la misma sin depender del suministro eléctrico de la red.

Por tanto, los objetivos técnicos propuestos para este proyecto son los de definir, justificar, medir y presupuestar el diseño de la instalación fotovoltaica y demás componentes de la instalación.

### **1.2.- Alcance**

Para entender el alcance del proyecto hay que tener en cuenta que esta instalación se realizará a partir del proyecto “Explotación comercial para producción de caracoles en la isla de Tenerife” realizado por un alumno del Grado universitario en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural de la ULL.

Es por esto que la instalación se plantea como una mejora del proyecto anteriormente mencionado, teniendo en cuenta los datos que nos aporta y las limitaciones que encontramos derivadas del hecho de ser una instalación que no está construida.

A partir de todo esto, se puede concretar diciendo que el alcance de la instalación no es otro que la implementación de la energía solar tanto para la generación de electricidad como del agua caliente sanitaria que se precise. Además, la instalación se realizará aislada de la red, es decir, no habrá respaldo por parte de la red, algo que como se verá a lo largo de todo el proyecto, obligará a sobredimensionar ligeramente la instalación para evitar fases en las que la granja se pueda quedar sin electricidad, con los problemas que ello generaría.

### 1.3.- Peticionario

El peticionario de este proyecto es la Escuela de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna, situada en la Avenida Astrofísico Francisco Sánchez s/n. del Término Municipal de San Cristóbal de La Laguna.

### 1.4.- Antecedentes

Tal y como se indicó anteriormente, este proyecto parte como una mejora para el proyecto titulado “Explotación comercial para producción de caracoles en la isla de Tenerife”. Al estar centrado en la explotación de caracoles, el apartado eléctrico está detallado de manera básica.

En él se detallan varios aspectos que nos servirán como guía para poder llevar a cabo nuestra instalación: el perfil horario, la potencia instalada y las canalizaciones, tanto eléctricas como hidráulicas.

Como datos de partida tenemos que la potencia instalada es de 8,260 kW repartidos de la siguiente manera:

<b>Tipo de receptor</b>	<b>Potencia instalada (W)</b>	<b>Potencia de cálculo (W)</b>	<b>Coefficiente de simultaneidad</b>	<b>Potencia de cálculo de simultaneidad (W)</b>
52 luminarias fluorescentes de 55 W c/u	2.860	5.148	0,9	4.633,2
3 lámpara incandescente de 60 W c/u	180	180	1	180
12 lámpara de emergencia de 6 W c/u	72	72	1	72
1 tomas de fuerza monofásica	3.000	3.750	0,9	3.375

TOTAL MONOFÁSICO	8.260,2
------------------	---------

Tabla 1: Potencia instalada

Del mismo modo que sabemos que el perfil horario de la granja es:

Elemento	Perfil horario
Horario de trabajo	8:00 – 15:00 H
Lámparas incandescentes	20:00 – 8:00 H
Luminarias emergencia	24 horas al día
Bomba de agua (396W)	20:00 – 8:00 H
Frigoríficos (4x300W)	24 horas al día

Tabla 2: Perfil horario

### 1.5.- Emplazamiento

La instalación se realizará en la cubierta de una granja de caracoles situada en el punto kilométrico 4 de la TF-263, en la zona de El Moralito en las parcelas 184 y 187 pertenecientes al Polígono 65 en el Término Municipal de San Cristóbal de La Laguna. Esto se podrá ver más detalladamente en el Anexo: Planos.

En España, se pueden diferenciar cinco zonas climáticas distintas:

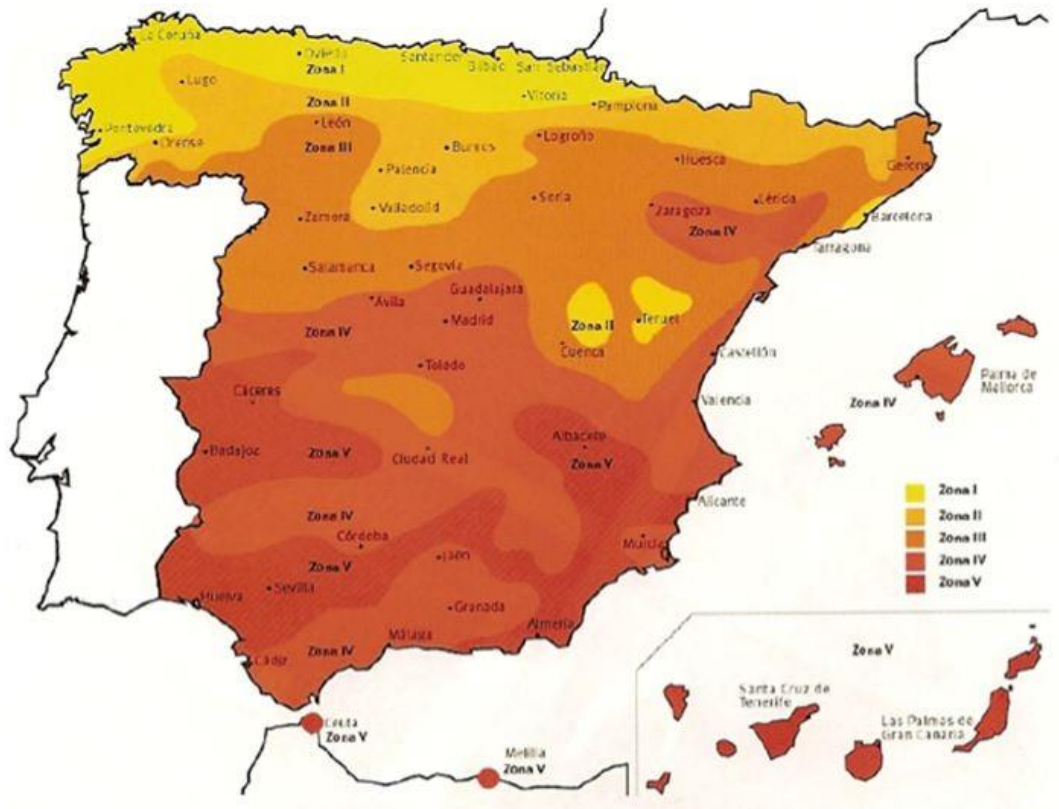


Figura 1: Zonas climáticas de España en función de la irradiación

Zona Climática	I	II	III	IV	V
Irradiación media diaria (kWh/m <sup>2</sup> )	<3,8	3,8-4,2	4,2-4,6	4,6-5,0	>5,0

Tabla 3: Irradiación según las zonas climáticas

Como se puede observar, nuestra instalación se encuentra en la zona climática V, lo que quiere decir que por cada metro cuadrado de placas solares que coloquemos se obtendrán más de 5 kWh. Por esta razón podemos deducir que el emplazamiento elegido es el ideal para llevar a cabo una instalación de este tipo.

### 1.6.- Normativa aplicable

Para llevar a cabo este tipo de instalaciones se tendrán en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y modificaciones posteriores.

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.

- Real Decreto 773/97, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección personal.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, IDAE, de febrero de 2009.

- UNE-EN-50.102: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código IK).

- UNE 21144-3-2: Cables eléctricos. Cálculos de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.

-UNE-EN 12975-1:2006: Sistemas solares térmicos y componentes.

## **2.- Motivación**

La idea principal por la que ha surgido este proyecto es la de fomentar y apoyar el uso de energías renovables, sin respaldo de la red, en el ámbito industrial.

Siempre se parte de la base de que estas instalaciones tienen fecha de caducidad y deben renovarse cuando la vida útil de los elementos de la instalación llegue a su fin, en torno a los 20-25 años. No obstante, el beneficio de este tipo de instalaciones no solo está en el rendimiento económico que se pueda obtener, sino en el beneficio medio ambiental al surtir a la empresa mediante una energía denominada como limpia.

Además, este tipo de proyectos fomenta el aprovechar las circunstancias de cada lugar: tanto el emplazamiento de las islas, que es el ideal para la implementación de las energías renovables, como el edificio en sí sobre cuya cubierta se colocarán los paneles solares.

### **3.- Dimensionado del sistema y componentes**

La instalación fotovoltaica se proyecta para suministrar una potencia de 8,5 kWh durante la jornada laboral, asegurando así el abastecimiento en todo momento de los 8,260 kW que la granja necesita. Como se aclarará más adelante, para poder llevar a cabo este dimensionado se han planteado dos opciones. La que finalmente se ha elegido consta de 16 módulos fotovoltaicos de 250 Wp cada uno, respaldados por un Grupo Electrónico de 10 kVA. Estos paneles se agruparán para alimentar un inversor de 5kW. Además, para poder tener la suficiente autonomía en nuestra instalación, deberemos acompañar a los paneles solares con 130 baterías que deberán estar acompañadas por un regulador de carga.

Los paneles se colocarán en la cubierta del edificio de la granja, con la ventaja de que, como no ocupan toda la superficie disponible en dicha cubierta se podrían instalar más en el futuro si fuese necesario. El resto de elementos propios de la instalación como son el inversor, el regulador de carga, las baterías y el grupo electrónico, se colocarán en una caseta situada junto al edificio con el fin de hacer el transporte de la energía lo más corto posible.

Al margen de esto, esta instalación también tiene prevista la colocación de una placa térmica con un depósito de 200 litros, para la producción del agua caliente sanitaria necesaria para abastecer al baño de la granja sin necesidad de usar un termo eléctrico.

## **4.- Sistema fotovoltaico aislado de la red**

### **4.1.- Introducción general**

Una instalación fotovoltaica consiste en un conjunto de elementos capaces de transformar directamente la radiación solar en energía eléctrica. La corriente continua que generan las células fotovoltaicas se trasladará a las baterías previo paso por el regulador de carga que es el elemento encargado de controlar el estado de carga de las baterías fotovoltaicas, indicando cuándo deben cargarse y cuándo no. Una vez almacenada la electricidad, cuando la instalación lo demande, se transformará en corriente alterna mediante un inversor.

Esta instalación presenta la particularidad de contar con un grupo electrógeno como respaldo. En concreto, se ha dimensionado la instalación para que el suministro sea un 50% mediante energías renovables y un 50% por este grupo electrógeno. Este último será el que suministre la potencia necesaria sobre todo por la noche.

### **4.2.- Componentes de la instalación**

Un sistema fotovoltaico aislado de red está formado por diferentes componentes. Los más importantes son:

- **Generador fotovoltaico:** Está formado por un grupo de módulos fotovoltaicos que se asocian según las necesidades específicas de cada emplazamiento y, a su vez, cada módulo fotovoltaico está formado por componentes básicos que se denominan células fotovoltaicas.

- **Regulador de carga:** Es un dispositivo que se encarga de controlar constantemente el estado de carga de las baterías así como de regular la intensidad de la misma con el fin de alargar la vida útil de las baterías.

- **Baterías fotovoltaicas:** Son las encargadas de almacenar la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos con el fin de suministrarla a la instalación cuando ésta la requiera.

- **Inversor:** Elemento cuya función es transformar la corriente continua suministrada por las baterías en corriente alterna para que pueda ser utilizada en la instalación.



## 5.- Componentes de la instalación

Tal y como se indicó anteriormente, se trata de una instalación que en horario laboral consume 8,5 kWh, lo que nos obliga a dimensionar un sistema con 16 paneles fotovoltaicos de 250W cada uno y un grupo electrógeno de 10 kVA. Y todo esto acompañado por un regulador de carga, 130 baterías y un inversor.

### 5.1.- Módulos fotovoltaicos

Para elegir el tipo de panel que queremos usar en nuestra instalación contemplamos dos opciones: silicio monocristalino o policristalino. Los primeros tienen un mejor rendimiento, mientras que los segundos presentan menos pérdidas debido a las temperaturas altas. Es por esto que, debido a la localización en la que nos encontramos, nos decantamos por un panel de silicio policristalino. En concreto, el módulo utilizado es el modelo A-250P GSE, de la marca Atresa.



Figura 2: Módulo fotovoltaico A-250P GSE

<b>Características eléctricas</b>	
Potencia máxima	250 W
Tensión de máxima de potencia	30,58 V
Corriente máxima de potencia	8,18 A
Tensión de circuito abierto	37,61 V
Corriente de cortocircuito	8,71 A
Eficiencia del módulo	15,34%

Tabla 4: Características eléctricas del módulo fotovoltaico

### 5.1.1.- Soporte para módulos fotovoltaicos

Un punto importante dentro de los módulos fotovoltaicos es la estructura que los situará en la inclinación indicada.

La instalación se realizará en soportes para suelo para superficie plana de TECHNO SUN. Harán falta 16 estructuras y los paneles se colocarán verticalmente, tal y como se indica en los planos. Además, estos soportes nos permiten variar el ángulo de inclinación de los paneles desde los 10 hasta los 60°.

### 5.2.- Regulador de carga

El criterio para la elección de un regulador de carga apto para la instalación que se está dimensionando es que sea capaz de soportar sin daños una sobrecarga simultánea de la corriente de línea del generador y de la corriente en la línea de consumo.

En nuestro caso, esta sobrecarga será de 21,12 A. Es por esto que se ha elegido el Regulador Sunny Island 6H, ya que este posee una intensidad asignada de 20 A pero con una corriente de pico de 120 A. Por lo que cumple los requisitos.



Figura 3: Regulador Sunny Island 6H

Datos técnicos	
Tensión asignada de red	230 V
Potencia asignada	4600 W
Potencia de CA durante 30 min	6000 W
Potencia de CA a 45°C	3700 W
Intensidad asignada	20 A
Intensidad de pico	120 A
Rendimiento	96%

Tabla 5: Datos técnicos del regulador de carga

### 5.3.- Baterías

El sistema de baterías que se emplee deberá satisfacer un mínimo de 3 días de autonomía. Hay que tener en cuenta que la granja también tiene un consumo nocturno que hay que asegurar. Razón por la que el sistema deberá poseer un gran número de baterías. En este caso serán 130 baterías US 185 XC2. Estas baterías trabajan a 12 V y tienen una capacidad C<sub>20</sub> de 200 Ah.

Si se hubiera optado por un sistema 100% “limpio”, sin el respaldo del GE, hubiéramos tenido que suponer una profundidad de descarga de un 60% lo que hubiera implicado un incremento hasta las 170 baterías.



Figura 4: Batería US 185 XC2

## 5.4.- Inversor

Al tener una instalación con 4 kWp de fotovoltaica, tendremos que utilizar un inversor que sea capaz de transformar esa potencia. En este caso se ha escogido el Sunny Boy 5000TL.

Este modelo posee dos entradas, A y B. Cada una de ellas permite la conexión de hasta 2 strings de módulos conectados en serie. Como tenemos 16 paneles, para tener una instalación lo más simétrica posible se colocarán 8 paneles en cada string.



Figura 5: Inversor Sunny Boy 5000TL

<b>Entrada (CC)</b>	
Potencia máxima de CC	5250 W
Tensión de entrada máx.	750 V
Rango de tensión MPP	175 V – 500 V
Tensión de entrada mín	125 V
Corriente máx. de entrada	15 A
Corriente máx. de entrada por string	15 A
Número de strings por entrada de MPP	A:2; B:2
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	4600 W

Tabla 6: Características del inversor

### 5.5.- Caseta para el inversor, baterías y regulador de carga

En esta caseta irán todas las baterías así como el inversor y el regulador de carga. Con esto conseguimos que todo el kit fotovoltaico esté en el mismo lugar evitándonos tener que usar un mayor cableado, así como la incomodidad del mantenimiento.

Es por esto que usamos una caseta prefabricada que aporte la ventilación necesaria para evitar sobrecalentamientos. La caseta elegida es CMT SOLAR 6000, ya que tiene unas medidas de 6 x 2,4 x 2,836 m, suficiente para lo que se colocará en su interior.



Figura 6: Caseta inversores, baterías y regulador de carga

### 5.6.- Grupo electrógeno

Con el fin de evitar tener que instalar un gran número tanto de placas fotovoltaicas como de baterías, inversores y reguladores de carga, se optó por la instalación de un grupo electrógeno que sirviera de respaldo a la potencia que suministran los módulos solares. Al tratarse de una instalación al 50-50 se necesitará un GE con mínimo 6 kVA. Por esta razón optamos por el Generador Kaiser Guardián 10 kVA.



Figura 7: Grupo electrógeno

Datos técnicos	
Desplazamiento	870 cc
Voltaje	220 V
Salida	10000 W
Capacidad de combustible	25 L
Combustible	Diésel

Tabla 7: Datos técnicos del Grupo electrógeno

### 5.7.- Paneles térmicos para agua caliente sanitaria

Como se indicó anteriormente, también se procederá a instalar una placa que cubra las necesidades de agua caliente de la granja sin la necesidad de depender de un termo eléctrico. Por esta razón se ha optado por la colocación de un panel de la marca Amordad Solar con un depósito de 200 litros.



**Figura 8: Panel térmico**

### **5.7.1.- Instalación hidráulica**

Para poder dimensionar la parte referida a las placas térmicas, debemos conocer el tipo de tuberías que hay en el edificio así como la presión a la que circula el agua, pues con estos datos se podrá elegir la tubería más adecuada para este caso.

En primer lugar sabemos que las conducciones que se encuentran en el edificio son de acero galvanizado con un diámetro de 20mm.

En cuanto a la presión el proyecto previo en el que se basa esta instalación no aporta ningún dato, por lo que se optará por usar un dato típico para las viviendas, es decir, 2,5 bares.

## **6.- Conexión y protección**

Se debe dimensionar tanto el conexionado eléctrico como el hidráulico.

### **6.1.- Cableado**

Se deben dimensionar las secciones de los cables de tal modo que, tal y como nos lo indica el Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones aisladas de red de la IDAE, la máxima caída de tensión permitida es de un 1,5%.

#### **6.1.1.- Tramo 1: módulos fotovoltaicos – caja de protección de continua**

Este tramo de 8,4 metros trabaja en corriente continua, por lo que se ha empleado un cable Exzhellent Solar ZZ-F (PV1-F TÜV) con una sección de 2,5 mm<sup>2</sup>.

### **6.1.2.- Tramo 2: Caja de protección de continua – Regulador de carga y baterías**

Este también es un tramo que trabaja en corriente continua, en este caso de 16,5 metros, por lo que se ha empleado un cable Energy RV-K FOC de 2,5 mm<sup>2</sup>

### **6.1.3.- Tramo 3: Regulador de carga y baterías – inversor**

Nuevamente se trata de un tramo en corriente continua, de 3 metros de longitud, por lo que se utilizará el mismo tipo de cable que en el tramo anterior.

### **6.1.4.- Tramo 3: Inversor – cuadro general de mando y protección**

Este caso se trata de un tramo en corriente alterna de 15 metros, lo que nos obliga a usar un cable Harmohny XZ1 Al (S) con una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

### **6.1.5.- Tramo 2: Grupo electrógeno – Cuadro General de Mando y protección**

Nos encontramos ante otro tramo de 15 metros en corriente alterna, por lo que utilizaremos el mismo tipo de cable que en el caso anterior.

## **6.2.- Tuberías**

Para conectar la placa térmica con las tuberías existentes en el edificio será necesario calcular el tipo de conducciones. En nuestro caso se necesitarán tuberías de acero galvanizado de 20 mm de diámetro.

## **6.3.- Protecciones eléctricas**

Toda instalación eléctrica debe llevar una serie de protecciones para evitar que ninguna persona o equipo puedan sufrir daño alguno. Estas protecciones son diseñadas acorde con el REBT. En la presente instalación, se van a distinguir los siguientes tipos de protecciones:

- Protecciones de corriente continua DC.
- Protecciones de corriente alterna AC en baja tensión.



### **6.3.1.- Protecciones de corriente continua**

Estas protecciones se colocaran en la caja de protección de continua que están situadas en la parte trasera del panel fotovoltaico más cercano a la caseta de los inversores, ya que así podremos disminuir el tramo de cable necesario para la realización de las conexiones.

La caja de protección de continua que usaremos será proporcionada por la empresa CAHORS, en concreto la ARF1 ya que está diseñada especialmente para instalaciones fotovoltaicas.

Cada caja de protección de continua estará equipada con un fusible cilíndrico de 10 x 38 mm de intensidad nominal 16 A y tensión nominal 400 V para proteger el generador, un fusible cilíndrico de 10 x 38 mm de intensidad nominal 32 A y tensión nominal 400 V para proteger las baterías, así como un interruptor de maniobra de 20 A y 400 V de valores nominales.

### **6.3.2.- Protecciones de corriente alterna**

Las protecciones de alterna irán colocadas en el Cuadro General de Mando y Protección y están constituidas por:

- El inversor, protegido por un magnetotérmico de calibre 32 A con un poder de corte de 3 kA. En cuanto a los interruptores diferenciales, se utilizará uno bipolar de 32 A y sensibilidad 300 mA.

- El Grupo Electrógeno, protegido por un magnetotérmico de calibre 32 A con un poder de corte de 3 kA. En cuanto a los interruptores diferenciales, se utilizará uno bipolar de 32 A y sensibilidad 300 mA.

### **6.4.- Puesta a tierra**

Es imprescindible disponer de una instalación de puesta a tierra para proteger tanto a las personas como a los equipos ante un posible riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto accidental con masas puestas en tensión.

La puesta a tierra del campo fotovoltaico tiene la misión de proteger a la instalación frente a sobretensiones producidas por descargas atmosféricas. La puesta a tierra del campo fotovoltaico se ha calculado en base a que la resistencia final no supere los  $80 \Omega$ —

A esta tierra se conectarán todos los elementos del sistema fotovoltaico: placas solares, estructuras, baterías y regulador, ya que son los elementos que trabajan en corriente continua. El resto de elementos que trabajan con corriente alterna irán conectados a la toma de tierra de la granja.

Para esta instalación se colocará 1 pica de puesta a tierra de 2 metros de longitud. Esta pica se enterrará a una profundidad de 0,5 metros.

## 7.- Presupuesto

A continuación se muestra el resumen del presupuesto, que se encuentra detallado en el anexo: Presupuesto

Secciones	Total (Euros)
Fontanería	378,11€
Cableado	560,37€
Paneles fotovoltaicos	6.521,36€
Paneles térmicos	1.156,65€
Caseta	482,90€
Kit fotovoltaico	59.005,10€
Protecciones	2.727,26€
Grupo Electrónico	3.201,92€
Gastos Generales (13%)	9.624,38€
Beneficio industrial (6%)	4.442,02€
<b>Gastos Materiales + GG + BI</b>	<b>88.100,07€</b>
<b>I.G.I.C. (7%)</b>	<b>6.167,88€</b>
<b>Total</b>	<b>94.268,95€</b>

**Tabla 2: Resumen del presupuesto del proyecto**

Por tanto, para poder llevar a cabo este proyecto será necesaria una inversión de NOVENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CENTIMOS.

## **8.- Bibliografía**

- Explotación comercial para producción de caracoles en la isla de Tenerife. Autor: Julián Francisco Jodral Hernández.
- Pliego de condiciones técnicas de la IDAE para instalaciones aisladas de la red.
- Instalaciones solares fotovoltaicas. Autores: Germán Santamaría y Agustín Castejón.

## **9.- Conclusions**

To finish this project, we will show the conclusions that the measuring we've done leaves us.

Despite the fact that the installation has an expiration date, it remains clear that if we want to take care of the planet, this kind of facilities should be the first option to supply electricity to a building.

Even if the initial idea was to make an installation 100 % with clean energy, the infrastructure conditions and, most of all, the economic ones, determined the placement of a diesel generator, so despite not being an electric supply completely uncontaminating, it's still more efficient for the environment than keeping it connected to the conventional electric network.

Apart from the electric installation, it has also been proved that a higher consumption can be avoid through the use of solar energy for heating the water it will later be used in the bathrooms.



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Anexo I: Datos previos**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio de 2016



## Índice

1.- Objeto .....	32
2.- Instalación eléctrica .....	32
3.- Instalación hidráulica.....	34



## 1.-Objeto

El objetivo con el que se desarrolla este documento no es otro que el de poner en situación sobre la instalación previa que hay en la granja. Estos datos son los que se han tenido que tener en cuenta para la realización del dimensionamiento de la instalación demandada.

## 2.- Instalación eléctrica

Sobre la instalación eléctrica que hay en la granja, el dato principal que necesitamos saber es la potencia que hay instalada ya que será sobre la que basemos el dimensionado de los paneles fotovoltaicos.

La potencia instalada es de 8206,2 W repartidos de la siguiente manera:

<b>Tipo de receptor</b>	<b>Potencia instalada (W)</b>	<b>Potencia de cálculo (W)</b>	<b>Coefficiente de simultaneidad</b>	<b>Potencia de cálculo de simultaneidad (W)</b>
52 luminarias fluorescentes de 55 W c/u	2.860	5.148	0,9	4.633,2
3 lámpara incandescente de 60 W c/u	180	180	1	180
12 lámpara de emergencia de 6 W c/u	72	72	1	72
1 tomas de fuerza monofásica	3.000	3.750	0,9	3.375
<b>TOTAL MONOFÁSICO</b>				<b>8.260,2</b>

**Tabla 1: Potencia instalada**

Otro dato importante a la hora de realizar el dimensionado es el del perfil horario de la potencia instalada. En este caso sabemos que el horario laboral de la empresa es de 8:00 a 15:00



por lo que estas serán las horas de mayor consumo, aunque hay elementos que tienen que seguir funcionando fuera del horario laboral, al margen de que al ser una empresa privada, el horario laboral queda abierto a posibles modificaciones y a requerir potencia durante más tiempo. El perfil horario más detallado quedaría de la siguiente manera:

Elemento	Perfil horario
Horario de trabajo	8:00 – 15:00 H
Lámparas incandescentes	20:00 – 8:00 H
Luminarias emergencia	24 horas al día
Bomba de agua (396W)	20:00 – 8:00 H
Frigoríficos (4x300W)	24 horas al día

Tabla 2: Perfil horario

Como se puede comprobar, será necesario que durante todo el día haya suministro eléctrico por parte de los paneles fotovoltaicos y, en su caso, de las baterías instaladas.

Con esto nos queda que el perfil de carga sería el siguiente:

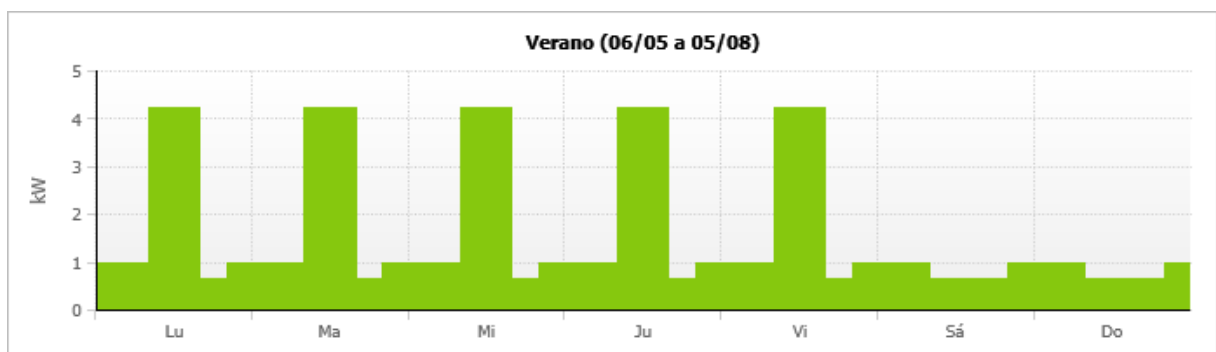


Figura 1: Perfil horario

### **3.- Instalación hidráulica**

Para poder dimensionar la parte referida a las placas térmicas, debemos conocer el tipo de tuberías que hay en el edificio así como la presión a la que circula el agua, ya que con estos datos se podrá elegir la tubería más adecuada para este caso.

En primer lugar sabemos que las conducciones que se encuentran en el edificio son de acero galvanizado con un diámetro de 20mm.

En cuanto a la presión el proyecto previo en el que se basa esta instalación no aporta ningún dato, por lo que se optará por usar un dato típico para las viviendas, es decir, 2,5 bares.



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Anexo II: Cálculos**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## Índice

1.- Objeto .....	40
2.- Dimensionado de la planta .....	40
2.1.- Criterios generales de dimensionado.....	40
2.2.- Localización .....	40
2.3.- Cálculo de pérdidas .....	41
2.3.1- Pérdidas por orientación.....	41
2.3.2- Pérdidas por sombreado .....	43
2.3.3- Pérdidas por temperatura.....	43
2.3.4- Pérdidas por dispersión del módulo fotovoltaico .....	45
2.3.5- Pérdidas en el cableado .....	46
2.3.6- Pérdidas por suciedad.....	46
2.3.7- Rendimiento del inversor .....	46
2.3.8- Rendimiento de las baterías.....	46
2.3.9- Rendimiento regulador de carga .....	46
2.4.- Performance Ratio (PR) .....	46
2.5.- Estimación de consumo.....	49
2.6.- Cálculo del número de paneles.....	51
2.6.1.- Opción 1: Instalación plenamente fotovoltaica .....	52
2.6.2.- Opción 2: Instalación fotovoltaica respaldada con un grupo electrógeno .....	52
2.6.3.- Elección de la mejor opción .....	53
2.7.- Cálculo de los inversores.....	53
2.8.- Cálculo de las baterías.....	56
2.9.- Elección de regulador de carga .....	58
2.10.- Distancia mínima entre filas de paneles .....	58
2.11.- Grupo electrógeno .....	61
2.12.- Caseta para inversores, baterías y regulador de carga.....	61

2.13.- Paneles térmicos para agua caliente sanitaria .....	62
3.- Conexionado .....	62
3.1.- Cálculo del cableado de continua .....	62
3.1.1.- Tramo 1: módulos fotovoltaicos – caja de protección de continua .....	63
3.1.3.- Tramo 3: Regulador de carga y baterías – inversor .....	64
3.1.4.- Cálculo de protecciones .....	65
3.2.- Cálculo del cableado de alterna .....	67
3.2.1.- Tramo 1: Inversor – cuadro general de mando y protección .....	67
3.2.2.- Tramo 2: Grupo electrógeno – Cuadro General de Mando y protección .....	69
3.2.3.- Cálculo de protecciones de alterna .....	71
3.3.- Puesta a tierra.....	72
3.3.1.- Características del suelo .....	72
3.3.2.- Cálculo de la puesta a tierra.....	72
3.4.- Canalizaciones .....	73
3.4.1.- Tramo de los módulos fotovoltaicos a la caja de protección de continua .....	73
3.4.2.- Tramo de la caja de protección de continua al regulador de carga y baterías .....	74
3.4.3.- Tramo del regulador de carga y baterías hasta el inversor .....	74
3.4.4.- Tramo del inversor hasta el Cuadro General de Mando y Protección.....	74
3.4.5.- Tramo del inversor hasta el Cuadro General de Mando y Protección.....	74
3.4.6.- Cálculo de las zanjas.....	75



## 1.- Objeto

La elaboración de este documento se realiza para aclarar y explicar las propuestas técnicas adoptadas para la elaboración del proyecto, aportando datos y gráficas que ayuden a un mejor entendimiento de las opciones elegidas en cada caso.

## 2.- Dimensionado de la planta

Lo primero que deberemos hacer para poder instalar una serie de paneles fotovoltaicos será comprobar la capacidad que pueden tener para generar electricidad en la zona elegida, para luego poder elegir los elementos adecuados para llevar a cabo nuestra instalación.

### 2.1.- Criterios generales de dimensionado

Se trata de una instalación fotovoltaica aislada, lo que indica que no permanecerá conectada a la red y que se abastecerá completamente por la potencia generada por los paneles fotovoltaicos que junto con las baterías e inversores suministrarán la electricidad a toda la granja.

En el momento en el que no se esté consumiendo toda la energía producida por los paneles, esta electricidad se almacenará en unas baterías para poder usarla en cuando sea requerido.

Se tendrá en cuenta a la hora de dimensionar los paneles fotovoltaicos la comprobación de la cantidad de energía que ofrece el sol en la zona dependiendo de la época del año, así como la orientación e inclinación óptima para la instalación de los paneles en la cubierta de la granja.

### 2.2.- Localización

La finca se encuentra en las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator):

-X: 370745.49

-Y: 3148081.97

Que corresponde a las coordenadas siguientes:

-Latitud: 25° 27' 11''

-Longitud: 16° 19' 12''



El terreno donde se proyecta esta instalación posee una elevación sobre el nivel del mar de 490 metros.

Al margen de esto, cabe destacar que la cubierta en la que se va a realizar la instalación tiene una desviación demasiado pronunciada respecto al sur, que sería la localización óptima. Es por esta razón que los paneles fotovoltaicos se colocaran en dirección al sur total, en lugar de seguir la línea de la edificación.

### **2.3.- Cálculo de pérdidas**

A la hora de realizar una instalación de paneles fotovoltaicos hay que tener en cuenta que no se podrá consumir toda la energía que se pueda ser capaz de producir, ya que como en cualquier otra instalación de generación de energía, estas tienen unas pérdidas que hay que tener en cuenta a la hora de realizar el dimensionamiento de la instalación.

En este caso tendremos en cuenta las pérdidas que se producen por diversos motivos tales como:

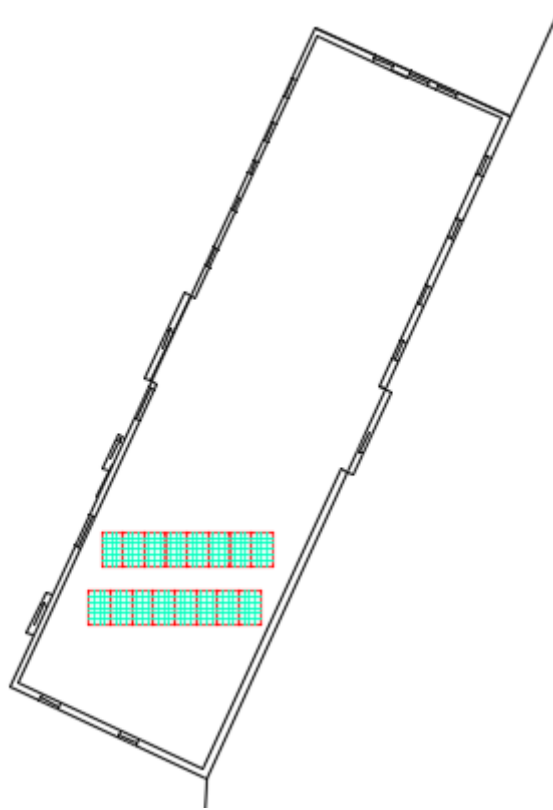
- Pérdidas por orientación e inclinación.
- Pérdidas por sombreado.
- Pérdidas por temperatura.
- Dispersión en el módulo fotovoltaico.
- Pérdidas en el cableado.
- Pérdidas de suciedad.
- Rendimiento del inversor.

#### **2.3.1- Pérdidas por orientación**

Al realizar una instalación fotovoltaica hay que analizar la orientación en la que se colocan los paneles. En muchas ocasiones estos se colocan siguiendo la estructura de la edificación para así poder aprovechar mejor el espacio y poder instalar más cantidad de paneles pese a que esto, si es una orientación muy alejada del sur total puede provocar grandes pérdidas de energías provocados por esta desviación.

En nuestro caso, si quisiéramos seguir la estructura del edificio tendríamos una desviación muy elevada respecto al sur total, 65° hacia el este, por lo que podemos aprovechar que la cubierta del edificio es lo suficientemente grande para colocar los paneles orientados

hacia el sur total evitando tener pérdidas en este sentido. Por lo que la instalación quedaría de la siguiente manera:



**Figura 1: Colocación paneles fotovoltaicos**

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de la IDAE para instalaciones fotovoltaica aislada de red se considera que la orientación ideal es el sur total, así como que la inclinación óptima de los paneles debe ser la latitud del lugar más 10 si nos ponemos del lado más desfavorable del diseño que sería en el mes de Diciembre. En nuestro caso, la inclinación óptima sería de 35°, no obstante lo colocaremos a 22° para facilitar la instalación.

Con esta información podemos obtener, mediante la siguiente fórmula, las pérdidas producidas en la instalación por la inclinación de los paneles fotovoltaicos:

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

Donde:

-  $\beta$ : ángulo de inclinación elegido para nuestra instalación.

$-\beta_{opt}$ : ángulo óptimo de inclinación de la instalación ( $\phi+10$ ) siendo  $\phi$  la latitud donde se encuentra la instalación, es nuestro caso,  $25^\circ$ .

-  $\alpha$ : ángulo azimut.

En nuestro caso el ángulo azimut es 0, ya que elegimos la posición de sur total para la colocación de nuestros paneles. Con esta información, podemos deducir que las pérdidas por inclinación serán:

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} * (22 - (25 + 10))^2 + 3,5 * 10^{-5} * 0^2] = 0,0203$$

Lo que implica que nuestra instalación tendrá unas pérdidas por inclinación de un 2,03%.

### 2.3.2- Pérdidas por sombreado

La producción de energía en una instalación fotovoltaica también se ve condicionada a cantidad de sombras que haya sobre los paneles ya que, cualquier tipo de obstáculo que impida la llegada de la radiación solar, implicará una reducción en el rendimiento de la producción. Este tipo de sombras generalmente vienen producidas por edificios cercanos, vegetación, montañas, etc.

En nuestro caso, los paneles solares se colocarán en la cubierta de la zona de oficinas. Al tener un gran espacio podemos evitar colocar los paneles en zonas donde la propia cubierta genera sombras. Tampoco se ve afectado por las que podrían proyectar edificios cercanos ya que no los hay, al igual que tampoco hay vegetación ni montañas cercanas que pudieran arrojar una sombra que afectara a nuestra instalación. Por esta razón podemos indicar que nuestros paneles no tendrán pérdidas debidas a las sombras.

### 2.3.3- Pérdidas por temperatura

La temperatura es otro de los aspectos que afectan a la potencia que puede generar el panel fotovoltaico.

Los valores medios de potencia entregados por los módulos vienen dados por una temperatura de  $25^\circ\text{C}$  por lo que cualquier valor de temperatura que se aleje de dicho valor provocará algún tipo de pérdida en la generación de energía. Como podemos observar en la siguiente tabla, los valores medios de temperatura en cada mes del año es distinto a estos  $25^\circ\text{C}$  por lo que siempre habrá pérdidas en este sentido:

Mes	Temperatura (°C)
Enero	11,1
Febrero	11,3
Marzo	12,4
Abril	12,9
Mayo	14,2
Junio	16,3
Julio	18,9
Agosto	19,6
Septiembre	18,6
Octubre	16,8
Noviembre	14,1
Diciembre	11,8

**Tabla 1: Temperatura media por mes**

Para poder calcular la temperatura media del módulo fotovoltaico, tendremos que utilizar la siguiente expresión:

$$T_{célula} = T_{ambiente} + G * \left( \frac{TONC - 20^{\circ}C}{800 \text{ W/m}^2} \right)$$

Donde:

- $T_{célula}$ : Temperatura del módulo (°C).
- $T_{ambiente}$ : Temperatura ambiente (°C).
- TONC: Temperatura de operación normal de la célula (°C).
- G: Irradiancia ( $\text{W/m}^2$ ).

Una vez hechos estos cálculos para cada mes, se calcularan las pérdidas que provoca la temperatura sobre los paneles mediante la siguiente ecuación:

$$Pérdidas(\%) = \nabla P_{MPP} * (T_{célula} - 25)$$

Donde  $\nabla P_{MPP}$  corresponde al coeficiente de temperatura de potencia máxima que viene dado por el fabricante.

A continuación se muestra la tabla resumen con los datos tanto de la temperatura del módulo como las pérdidas por mes.

Mes	Irradiancia (w/m <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Tª Célula (°C)	Pérdidas
Enero	736	11,1	48,9	9,1
Febrero	775	11,3	50,2	9,6
Marzo	895	12,4	54,1	11,1
Abril	863	12,9	53	10,7
Mayo	877	14,2	53,5	10,8
Junio	895	16,3	54,1	11,1
Julio	944	18,9	55,7	11,7
Agosto	957	19,6	56,1	11,8
Septiembre	911	18,6	54,6	11,3
Octubre	878	16,8	53,5	10,8
Noviembre	733	14,1	48,8	9,1
Diciembre	664	11,8	46,6	8,2

Tabla 2: Pérdidas mensuales debido a los paneles

### 2.3.4- Pérdidas por dispersión del módulo fotovoltaico

Este tipo de pérdidas se producen por la incapacidad de generar dos módulos fotovoltaicos iguales al cien por cien, por lo que siempre hay cierta diferencia entre lo que indica la hoja del fabricante con los valores reales.

Para nuestra instalación, vamos a usar módulos A-250P GSE de la compañía Atersa, con una tolerancia, según el fabricante, de un 0,3%.

### **2.3.5- Pérdidas en el cableado**

Las pérdidas producidas por el calentamiento del cableado serán, tal y como nos indica el pliego de condiciones técnicas de la IDAE para instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red, de un máximo de un 1,5%.

### **2.3.6- Pérdidas por suciedad**

Al igual que sucede en el caso de las sombras, cualquier tipo de suciedad en los paneles que impida la captación de la radiación solar implicará una disminución en el rendimiento de la instalación. En el caso de la suciedad, las pérdidas que esto provoca se pueden estimar en un 2%.

### **2.3.7- Rendimiento del inversor**

El inversor elegido para la instalación tiene un alto rendimiento para evitar perder la mayor cantidad de potencia posible. Para nuestros cálculos utilizaremos el valor del rendimiento europeo ya que es el parámetro que se suele utilizar a la hora de dimensionar las instalaciones fotovoltaicas. En este caso se trata de un rendimiento del 96,5%.

### **2.3.8- Rendimiento de las baterías**

Las baterías que usaremos en la instalación son de Pb-ácido. Este tipo de baterías tienen un rendimiento general estimado en un 80%. Además, tal y como se verá en el apartado 2.8 tienen una profundidad de descarga de un 80%.

### **2.3.9- Rendimiento regulador de carga**

El regulador de carga seleccionado tiene un gran rendimiento ya que mientras esté a temperatura ambiente rinde a un 96%.

## **2.4.- Performance Ratio (PR)**

Se define Performance Ratio como la eficiencia de la instalación fotovoltaica en condiciones reales de trabajo, por lo que a un rendimiento supuesto del cien por cien hay que restarle todas las pérdidas calculadas en los apartados anteriores, al igual que tendremos que tener en cuenta el rendimiento del inversor, las baterías y del regulador de carga. Calcularemos el PR de la siguiente manera:

$$PR(\%) = [1 - (P_{inclinación} + P_{sombra} + P_{temp} + P_{módulo} + P_{cableado} + P_{suciedad})]$$

$$* \eta_{inversor} * \eta_{baterías} * \eta_{regulador}$$

Gracias a esta expresión y a la tabla resumen que se muestra a continuación podemos obtener el PR en cada mes, así como la media anual.

<b>Pérdidas por temperatura</b>	
Enero	9,10%
Febrero	9,60%
Marzo	11,10%
Abril	10,70%
Mayo	10,80%
Junio	11,10%
Julio	11,70%
Agosto	11,80%
Septiembre	11,30%
Octubre	10,80%
Noviembre	9,10%
Diciembre	8,20%

**Tabla 3: Pérdidas debido a la temperatura**

<b>Pérdidas generales</b>	
inclinación	0,02%
sombra	0%
módulo	0,3%
cableado	1,50%
suciedad	2%

**Tabla 4: Pérdidas generales**

<b>Rendimientos</b>	
Rendimiento del inversor	96,40%
Rendimiento de las baterías	80%
Rendimiento del regulador de carga	96%

Tabla 5: Rendimiento de los elementos

<b>PR</b>	
Enero	0,63
Febrero	0,63
Marzo	0,62
Abril	0,62
Mayo	0,62
Junio	0,62
Julio	0,61
Agosto	0,61
Septiembre	0,62
Octubre	0,62
Noviembre	0,63
Diciembre	0,64
<b>Anual</b>	<b>0,62</b>

Tabla 6: Performance Ratio

Como se puede contemplar en la tabla, el PR no sufre grandes variaciones a lo largo del año y su media anual es de 0,62. Este valor será el utilizado para dimensionar la instalación ya que nos muestra la eficiencia real en las condiciones de trabajo de la zona donde se realizará el montaje, además es un PR que está dentro del estándar de las instalaciones fotovoltaicas en aislada, ya que suelen estar en torno al 0,6.



### 2.5.- Estimación de consumo

A la hora de dimensionar una instalación fotovoltaica lo primero que debemos saber cuál es la potencia instalada previamente. En el caso de nuestra granja se ha elaborado una tabla de consumo con todos los elementos eléctricos para comprobar cuanta energía instalada:

<b>Elemento</b>	<b>Potencia(W)</b>
Luminarias	4632,2
Lámparas incandescentes	180,0
Luminarias emergencia	72,0
Tomas de fuerza	3375,0
<b>Total</b>	<b>8260,2</b>

**Tabla 7: Potencia instalada**

Podemos comprobar que la potencia total instalada en la granja es de 8260,2W, no obstante y aunque en toda instalación siempre haya que ponerse en el peor de los casos, es bueno observar en una tabla los perfiles horarios:

<b>Elemento</b>	<b>Perfil horario</b>
Horario de trabajo	8:00 – 15:00 H
Lámparas incandescentes	20:00 – 8:00 H
Luminarias emergencia	24 horas al día
Bomba de agua (396W)	20:00 – 8:00 H
Frigoríficos (4x300W)	24 horas al día

**Tabla 8: Perfil horario**

Con estos datos comprobamos que la mayoría de la potencia requerida por la granja se consume en el horario laboral de 8 de la mañana a 3 de la tarde. Sin embargo, siempre debemos ponernos en el peor de los casos, por lo que supondremos que toda la energía instalada se consume a la vez, es decir, diseñaremos una instalación para un consumo estimado de 8,5 kWh.

Una vez fijado esto, procedemos a la obtención de los datos de radiación solar para el emplazamiento en el que se realizará la instalación. Esta información se ha obtenido de la base de datos de la página web PVGIS, gracias a esto tenemos la siguiente tabla:

<b>Mes</b>	<b>Hd(kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>
Enero	5,12
Febrero	5,66
Marzo	6,86
Abril	6,81
Mayo	7,02
Junio	7,23
Julio	7,51
Agosto	7,43
Septiembre	6,82
Octubre	6,26
Noviembre	5,04
Diciembre	4,45
<b>Media anual</b>	<b>6,36</b>

**Tabla 9: Radiación media mensual**

Donde Hd indica el promedio de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos con una inclinación de 22° sobre la horizontal y con un grado azimut de 0°. Esto también se conoce como Horas Solares Pico (HSP) y es que a la hora de dimensionar la instalación se tendrán en cuenta estas HSP en el mes crítico para asegurarnos de que nuestro diseño cumplirá durante todo el año.

## 2.6.- Cálculo del número de paneles

Lo primero que se tiene que hacer en este apartado es calcular la potencia del generador fotovoltaico en función de la energía a producir y de la irradiación a la que están sometidos los paneles fotovoltaicos. Para realizar esto se utilizará la siguiente expresión:

$$P_{GFV} = \frac{E * I_{STC}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * FS * PR}$$

Donde:

-E: Energía a producir (kWh).

- $I_{STC}$ : Irradiancia estándar (1 kW/m<sup>2</sup>).

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ : Irradiancia recibida en la localización de los paneles (kWh/m<sup>2</sup>).

-FS: Pérdidas por sombreado.

-PR: Performance Ratio.

En nuestro caso, los paneles fotovoltaicos no tienen ningún tipo de pérdidas debido a la sombra por lo que no tendríamos en cuenta este término a la hora de calcular la potencia de nuestro generador. En cuanto a la Irradiancia recibida en nuestra localización en particular, como se indicó anteriormente, procederemos a usar el valor crítico para asegurarnos de que el diseño cumpla durante todo el año, en este caso y como se indica en la tabla anterior, el valor crítico se da en diciembre con 4,45 kWh/m<sup>2</sup>. En cuanto a la eficiencia de la instalación en condiciones reales o el Performance Ratio, tal y como calculamos anteriormente, usaremos un valor de 0,64.

Con esta información procedemos al cálculo de la potencia que necesitaremos que nos genere nuestra instalación fotovoltaica:

$$P_{GFV} = \frac{8,5 \text{ kWh} * 1 \text{ kW/m}^2}{4,45 \text{ kWh/m}^2 * 0,62} = 3,08 \text{ kW}$$

Para la instalación hemos optado, como dijimos anteriormente, por unos módulos fotovoltaicos policristalinos A-250P GSE, de la marca Atresa debido a que el resto de opciones incrementaban el presupuesto. Las características que nos ofrece este panel son las siguientes:

<b>Características eléctricas</b>	
Potencia máxima	250 W
Tensión de máxima de potencia	30,58 V
Corriente máxima de potencia	8,18 A
Tensión de circuito abierto	37,61 V
Corriente de cortocircuito	8,71 A
Eficiencia del módulo	15,34%

**Tabla 10: Características eléctricas del módulo fotovoltaico**

Llegados a este punto, debido a que la granja tiene un consumo de energía nocturno y se deben cargar al máximo posible las baterías, tendremos que elegir entre dos opciones:

### **2.6.1.- Opción 1: Instalación plenamente fotovoltaica**

En este caso se pretendería que el 100% de la potencia necesaria para el funcionamiento óptimo de la granja fuera generada por paneles fotovoltaicos.

Para este caso sería necesario que las placas fotovoltaicas suministraran la potencia mínima requerida durante la jornada laboral de la granja, es decir,  $3,1 \text{ kWh} * 7 \text{ h} = 21,7 \text{ kWh}$ , por lo que aproximadamente sería necesario instalar, para tener un margen, 23 kWh. Esto nos llevaría a tener que instalar 92 paneles de 250 w cada uno.

### **2.6.2.- Opción 2: Instalación fotovoltaica respaldada con un grupo electrógeno**

En este caso se pretende que el consumo de la instalación se reparta entre una parte suministrada por paneles solares y otra parte por un grupo electrógeno de diésel.

Para este supuesto podremos reducir el número de paneles hasta llegar a la potencia que demanda la granja en una hora que, como se indicó anteriormente, es de 3,1 kWh. Al igual que en el caso anterior se instalará un poco más de lo necesario para tener un margen de maniobra,

sin embargo, al tener que instalar un grupo electrógeno y para que no caiga sobre este todo el consumo de la instalación, se colocarán 4 kwp. Esto nos llevaría a instalar 16 paneles fotovoltaicos. Finalmente, para que esta opción se pueda llevar a cabo será necesario colocar un grupo electrógeno.

### **2.6.3.- Elección de la mejor opción**

Ambas opciones tienen su lado positivo y negativo por un lado:

-Opción 1: Si nos decantamos por esta opción tendríamos una instalación 100% limpia sin ningún tipo de dependencia de combustibles fósiles. No obstante, se deberían colocar más placas de las que físicamente caben en la cubierta, aunque se podría optar por elegir paneles de mayor potencia para no tener que colocar tantos. Para este caso también nos veríamos obligados a aumentar el número de inversores necesarios así como el número de reguladores de carga y de baterías, esto último debido a que deberemos suponer una profundidad de descarga de un 60%.

-Opción 2: Si nos decantamos por esta opción no tendríamos una instalación 100% limpia ya que al tener que colocar el GE nos veríamos obligados a depender del diésel. Por otro lado, no habría problema de espacio en la cubierta para instalar los paneles necesarios e, incluso, en caso de que en el futuro se necesitara ampliar la potencia instalada se podría hacer mediante la colocación de más paneles fotovoltaicos, cosa que en el caso anterior nos sería imposible. Además al tener un número considerablemente menor de módulos solares que en el caso anterior, el número de inversores, reguladores de carga y baterías se reduce bastante por lo que saldría más económico.

Por estas razones, se ha decidido llevar a cabo la opción 2 ya que es una instalación considerablemente más barata que la 1.

### **2.7.- Cálculo de los inversores**

Para saber la cantidad de inversores necesarios para este sistema, tenemos que tener en cuenta la potencia pico instalada y, a partir de ahí elegiremos el inversor más adecuado. En nuestro caso, tenemos una potencia de pico relativamente pequeña, 4 kWp. Podríamos elegir dos inversores de 3000 W pero sale más rentable uno de 5000 además de que seguiríamos cumpliendo las necesidades de nuestra instalación, es por esto por lo que nos hemos decantado por el inversor Sunny Boy 5000TL. Las características que nos ofrece este inversor son las siguientes:

<b>Entrada (CC)</b>	
Potencia máxima de CC	5250 W
Tensión de entrada máx.	750 V
Rango de tensión MPP	175 V – 500 V
Tensión de entrada mín	125 V
Corriente máx. de entrada	15 A
Corriente máx. de entrada por string	15 A
Número de strings por entrada de MPP	A:2; B:2
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	4600 W

**Tabla 11: Características del inversor**

Este modelo posee dos entradas, A y B, donde cada una de ellas permite la conexión de hasta 2 strings de módulos conectados en serie. Sin embargo, para saber la cantidad de módulos que podremos conectar en serie necesitaremos saber el rango de tensiones de entrada del inversor y la tensión en circuito abierto del panel fotovoltaico:

Rango de tensiones de entrada al inversor	175 – 500 V
Tensión a circuito abierto	37,61 V

**Tabla 11: Tensiones de entrada al inversor**

A continuación procedemos a calcular tanto el número mínimo como el máximo de paneles que se pueden conectar en serie a la entrada del inversor:

$$N_{PSmin} = \frac{V_{Imin}}{V_{oc}}$$

Donde:

- $N_{PSmin}$ : Número mínimo de paneles en serie.

- $V_{Imin}$ : Tensión mínima de entrada al inversor.

- $V_{oc}$ : Tensión de circuito abierto del módulo.

$$N_{PSmin} = \frac{175 V}{37,61 V} = 4,65 \Rightarrow 5 \text{ paneles}$$

Ahora procedemos de igual modo a calcular el número máximo de paneles que se pueden conectar en serie a la entrada del inversor:

$$N_{PSmax} = \frac{500 V}{37,61 V} = 13,29 \Rightarrow 13 \text{ paneles}$$

Podemos observar que a cada string se le pueden conectar de 5 a 13 módulos fotovoltaicos. Para nuestra instalación tenemos un total de 16 paneles por lo que para que la instalación nos quede lo más pareja posible, instalaremos 8 paneles en dos strings diferentes.

Además, gracias al software Sunny Design, podemos comprobar cómo afecta en cada string la temperatura para el cálculo de los voltajes mínimos y máximos de operación, lo cual se detalla en la siguiente tabla.

Número de strings:	2
Módulos fotovoltaicos por string:	8
Potencia pico (de entrada):	4,00 kWp
Tensión FV normal:	 235 V
Tensión mín.:	220 V
Tensión de CC mín. (Tensión de red 230 V):	125 V
Máx. tensión:	 311 V
Tensión de CC: máx.	750 V

Tabla 13: Tensiones mínimas y máximas de trabajo del inversor

Como podemos observar, la instalación se mueve dentro de los valores mínimos y máximos de operación, por lo que la distribución adoptada es correcta.

## 2.8.- Cálculo de las baterías

Al tratarse de una instalación fotovoltaica aislada, es decir, sin respaldo de la red, necesitaremos la colocación de baterías que acumulen la potencia generada que no se consuma para poder tener potencia reservada para días en los que por motivos climáticos no se pueda generar la energía necesaria para nuestra granja.

En este apartado, lo primero que debemos tener en cuenta es el consumo diario medio de la carga, el cual lo obtenemos mediante la siguiente expresión:

$$L_D = \frac{E_D}{V_{NOM}}$$

Donde:

- $L_D$ : Consumo diario medio de la carga (Ah/día).

- $E_D$ : Consumo de energía (Wh/día).

- $V_{NOM}$ : Tensión nominal del acumulador (V).

$$L_D = \frac{8500 \frac{Wh}{día} * 7h}{12 V} = 4958,53 Ah/día$$

En el mercado hay baterías de 6-8-12-24 V pero para este caso usaremos una de 12 V para que el consumo diario no sea muy elevado.

Una vez obtenido esto, procederemos a la elección definitiva de una batería. Optaremos por la US 185 XC2 por varios motivos, el primero es que como dijimos anteriormente, es una batería con un voltaje nominal de 12 V y segundo, porque para garantizar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador ( $C_{20}$ ) sea menor a 25 veces la corriente de



cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. Como se indicó anteriormente, esta corriente es de 8,71 A lo que implica que la capacidad nominal no puede ser mayor de  $8,71 * 25 = 217,75$  Ah y, en el caso de la batería seleccionada, la capacidad nominal es de 200 Ah.

A continuación procedemos de la siguiente manera a calcular la autonomía de una de estas baterías en nuestro sistema:

$$A = \frac{C_{20} * PD_{max}}{L_D} * \eta_{inv} * \eta_{rb}$$

Donde:

- A: Autonomía (días).
- $C_{20}$ : Capacidad del acumulador (Ah).
- $PD_{max}$ : Profundidad de descarga máxima.
- $L_D$ : Consumo diario medio de la carga (Ah).
- $\eta_{inv}$ : Rendimiento energético del inversor.
- $\eta_{rb}$ : Rendimiento energético del acumulador y regulador.

La capacidad del acumulador es de 200 Ah tal y como se indicó anteriormente, en cuanto a la profundidad de descarga, al no estar previstas descargas profundas, tomaremos el valor límite de 80% que no se debe de sobrepasar. Por último y al tratarse de una batería de Pb-ácido, se le otorga un rendimiento del 80%. Con estos datos más los que hemos obtenido en los pasos anteriores, tenemos que la autonomía de una de estas baterías es de:

$$A = \frac{200 * 0,8}{4958,33} * 0,964 * 0,8 * 0,96 = 0,024 \text{ días}$$

Por norma, la autonomía de un grupo de baterías en una instalación en aislada, es de un mínimo de 3 días por lo que necesitaremos un número determinado de baterías para llegar a este mínimo:

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = \frac{3}{0,024} = 125,57 \Rightarrow 130 \text{ baterías}$$

Observamos que para tener un mínimo de 3 días de autonomía son necesarias un total de 126 baterías, no obstante, colocaremos 130 baterías permitiéndonos así tener mayor margen con un total de algo más de 3 días y medio de autonomía.

## 2.9.- Elección de regulador de carga

El regulador de carga cumple la función de evitar el deterioro innecesario de la batería, ya que evita las sobrecargas para poder realizar una carga óptima. Para elegir el regulador adecuado tenemos que tener en cuenta que deberá ser capaz de soportar sin daños una sobrecarga simultánea de la corriente en la línea del generador y de la corriente en la línea del consumo.

La corriente en la línea del consumo debe ser un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador,  $8,71 * 1,25 = 10,89$  A, mientras que la corriente en la línea del consumo, debe ser un 25% superior a la corriente máxima de la carga,  $8,18 * 1,25 = 10,23$  A. Al tener que ser capaz de soportar esta sobretensión simultáneamente, nos obliga a que el regulador seleccionado sea capaz de soportar  $10,89 + 10,23 = 21,12$  A.

Es por esta razón por la que en nuestra instalación usaremos el Regulador Sunny Island 6H, ya que cumple con los criterios de soportar la sobretensión.

## 2.10.- Distancia mínima entre filas de paneles

Los paneles fotovoltaicos que irán situados en la cubierta de la zona de oficinas de la granja se instalarán mediante una estructura diseñada para tal efecto que nos permitirá colocarla a la inclinación de  $22^{\circ}$  como habíamos dicho. Debido a esta inclinación que le otorgamos a los módulos para aprovechar el máximo posible de radiación solar, tenemos que calcular la distancia que habrá entre ellos para evitar que la generación de una sombra proyectada del mismo panel provoque pérdidas en la captación de energía.

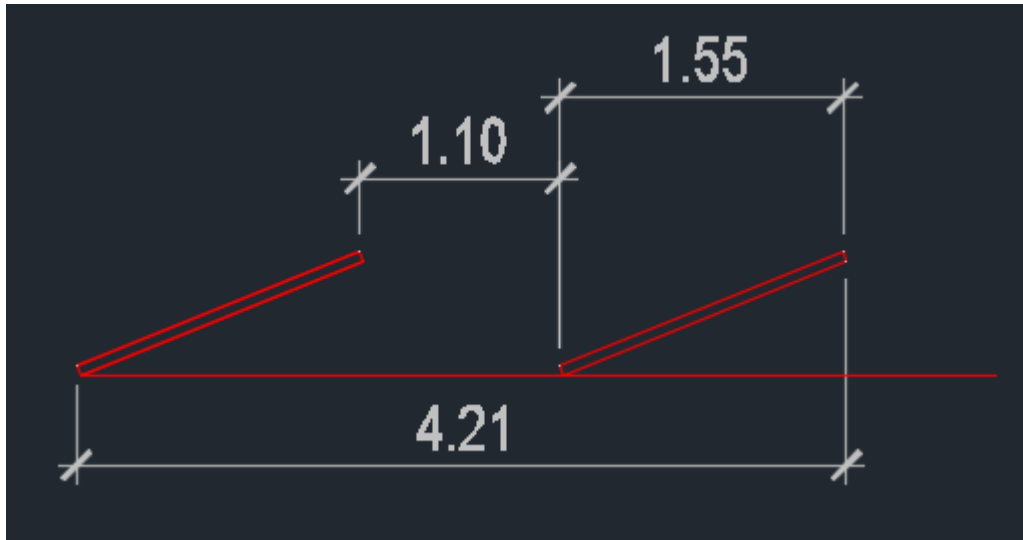


Figura 2: Distancia entre paneles fotovoltaicos

Para saber a la distancia que colocaremos los paneles entre sí tendremos que tener en cuenta la sombra arrojada que se puede generar en el peor de los casos. Esta situación se produce el 21 de diciembre, es decir, en el solsticio de invierno ya que es cuando el Sol está más bajo y más sombra genera

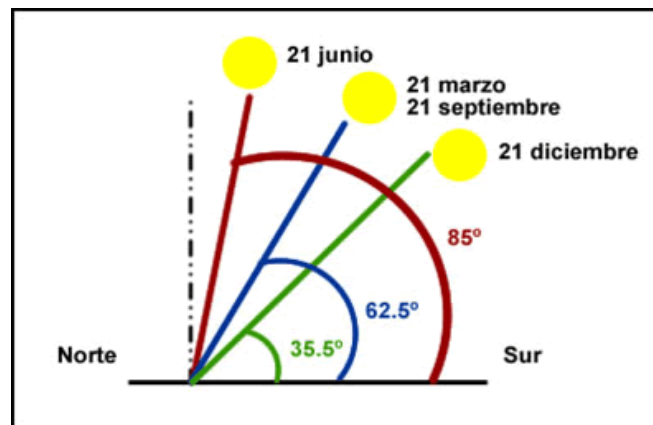
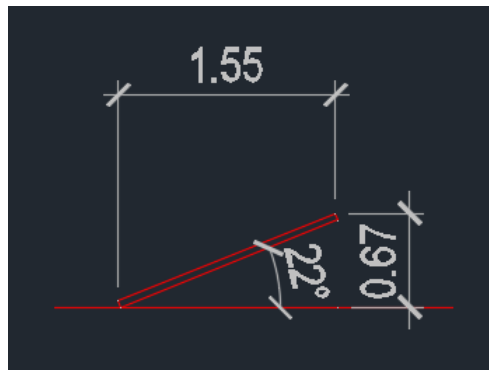


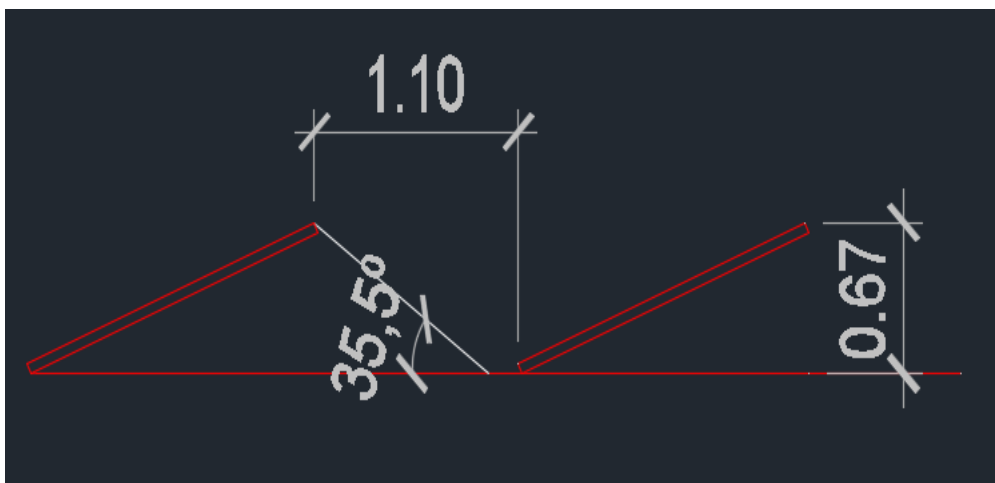
Figura 3: Posición del sol respecto a la horizontal

Como podemos observar en el dibujo, el 21 de diciembre el Sol se encontrará con una inclinación de  $35,5^\circ$  sobre la horizontal, por lo que deberemos tener en cuenta este ángulo a la hora de calcular la distancia entre placas. Además, sabemos que las dimensiones de los paneles son de  $1,64 \times 1 \times 0,4$  m por lo que la instalación quedaría de la siguiente manera:



**Figura 4: Inclinación y tamaño del panel fotovoltaico en la instalación**

Mediante trigonometría sabemos que la placa desde el punto más bajo hasta el punto más alto respecto a la horizontal será de 0,67 m, mientras que el espacio que ocupará en la horizontal será de 1,55 m. Una vez sabido esto, y con los datos de la inclinación en la que se encuentra el Sol en su punto crítico, nos queda lo siguiente:



**Figura 5: Inclinación de la sombra proyectada por el panel fotovoltaico**

Por lo que, nuevamente mediante trigonometría, obtenemos que la distancia entre placas para evitar que la sombra proyectada afecte a los paneles fotovoltaicos entre sí, es de 0,94 m. No obstante, ya que tenemos espacio suficiente, nos permitiremos separarlos un poco más para que no quede tan al límite, por lo que los colocaremos a una distancia de 1,1 m entre ellos. En cuanto a la separación lateral entre módulos, no hay que tener en cuenta ningún tipo de limitación por lo que se colocarán lo más pegados que se pueda.

No obstante, esto queda más detallado en el Anexo: Planos.

## 2.11.- Grupo electrógeno

Para poder complementar la potencia que requiere la instalación, nos vemos obligados a colocar un grupo electrógeno que sirva de respaldo energético a los paneles fotovoltaicos. Se pretende que la instalación se abastezca un 50% mediante módulos solares y el otro 50% mediante este GE. Al tener instalados 4 kW en placas, para poder llegar a la potencia requerida, necesitaremos un grupo electrógeno de un mínimo de 6 kVA.

Es por esto que se ha elegido el GE Generador Kaiser Guardián 10kVA. Por lo que tendrá una potencia activa de 4,8 kW.



Figura 6: Grupo Electrógeno

## 2.12.- Caseta para inversores, baterías y regulador de carga

Para guardar el inversor, las baterías y el regulador de carga necesitaremos una caseta prefabricada que esté apropiadamente diseñada para albergar este tipo de aparatos. Para nuestro caso optaremos por unas casetas de CONSMETAL específicamente diseñadas para esta labor, en concreto el modelo CMT SOLAR 6000. Gracias a su tamaño se podrán colocar todos los elementos mencionados sin problemas, además de que, al estar diseñadas para este efecto, están debidamente ventiladas naturalmente evitando el deterioro de los aparatos.



Figura 7: Caseta del inversor, baterías y regulador de carga

### 2.13.- Paneles térmicos para agua caliente sanitaria

La instalación se completará con la inclusión de un panel térmico para agua sanitaria que servirá para satisfacer las necesidades de agua caliente en el baño y en las duchas de la granja.

Para este cometido se ha optado por implantar un panel de tubos de vacío con la tecnología Heat Pipe ya que es capaz de aprovechar mejor la radiación solar, calentando más rápido el agua y siendo mucho más eficiente. Al haber dos duchas en la granja, con un depósito de 200 litros será suficiente. Es por esto que para nuestro caso utilizaremos un panel de la marca Amordad Solar con un depósito de 200L.

## 3.- Conexionado

Para calcular el conexionado de todos los elementos seleccionados anteriormente se han tenido en cuenta tanto el Reglamento Electrónico para Baja Tensión, como lo dispuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de la IDAE para instalaciones aisladas de la red.

Al margen de esto, tal y como se viene haciendo a lo largo de todo este documento, se le otorgará un margen de seguridad a todo lo calculado para evitar que, cuando se vaya a realizar la instalación, haya problemas de material. Es por esto que a todas las distancias calculadas se le otorgarán un margen del 10%.

### 3.1.- Cálculo del cableado de continua

Para dimensionar esta parte del cableado que es la que une los módulos fotovoltaicos con los inversores, tendremos que tener en cuenta el Reglamento Electrónico para Baja Tensión.

Este apartado del conexionado se divide en dos tramos, un primero en la que los paneles que se encuentran en serie se unen a la caja de protección de continua, y un segundo en el que se une la caja de protección con las entradas de los inversores.

### 3.1.1.- Tramo 1: módulos fotovoltaicos – caja de protección de continua

Para este tramo utilizaremos cables de la empresa Generacable que está especializada en el suministro de cableado de todo tipo. En nuestro caso, optamos por un cable Exzhellent Solar ZZ-F (PV1-F TUV) ya que es un tipo especial para instalaciones fotovoltaicas. Es un cable de cobre estañado y flexible de clase 5 con aislamiento y cubierta exterior, además su tensión asignada de aislamiento es de 1,8 kV en corriente continua.

Tal y como se indicó en el apartado 2.3.5. de este documento, el pliego de condiciones técnicas de la IDAE para instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red nos indica que la máxima caída de tensión admisible es de 1,5%. Con esta información procedemos a calcular la sección del cableado de nuestra instalación mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{P * L * 100}{\gamma * v^2 * S}$$

Donde:

- $\Delta V$ : Caída de tensión
- P: Potencia que soporta el conductor
- L: Longitud del cableado
- $\gamma$ : Resistividad del conductor
- v: Tensión que pasa por el conductor
- S: Sección del conductor

Por lo que la sección del conductor será:

$$S = \frac{2000 * 8,4 * 100}{56 * 301^2 * 1,5} = 0,22 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

Como se puede ver, para cumplir los requisitos necesarios (potencia y tensión para 8 paneles en serie y longitud con un 10% de seguridad), nos bastaría con un cable de 0,22 mm<sup>2</sup> de sección, no obstante la sección mínima que proporciona el fabricante es de 2,5 mm<sup>2</sup> por lo

que será el que usaremos en esta parte de la instalación. Además hay que recordar que al haber dos strings con 8 paneles en serie cada uno, este cable se deberá usar en ambos strings.

Al margen de esto, comprobamos que con esta sección, la caída de tensión, que estaba limitada a un 1,5% es de un 0,2%, por lo que cumplimos con creces este criterio.

### **3.1.2.- Tramo 2: Caja de protección de continua – Regulador de carga y baterías**

Para este tramo utilizaremos un conductor de cobre flexible de clase 5, con un aislamiento XLPE y una cubierta exterior de PVC flexible, con una tensión asignada de aislamiento de 1,8 kV en continua. En concreto utilizaremos el cable Energy RV-K FOC, que al igual que el empleado anteriormente, está diseñado especialmente para este tipo de instalaciones.

Estos cables se colocarán desde la cubierta en la que se encuentran situados los paneles fotovoltaicos hasta la caseta donde se encuentran tanto el regulador de carga como las baterías.

Como en la instalación del tramo 1 la caída de tensión no llegaba al 0,5%, para este tramo realizaremos los cálculos con una caída de tensión de un 1%. Para obtener la sección de nuestro conductor realizaremos el mismo cálculo hecho en el apartado anterior, por lo que nos quedaría de la siguiente manera:

$$S = \frac{4000 * 16,5 * 100}{56 * 301^2 * 1} = 1,3 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

Donde se han utilizado tanto la potencia total de la instalación como la distancia que hay entre las cajas de protección de corriente continua hasta el inversor con el correspondiente margen de seguridad.

Además comprobamos que con esta sección, la caída de tensión que estaba limitada a un 1% es de un 0,52%, por lo que cumplimos este criterio y nos deja un margen de 0,96% para el último tramo de continua si tenemos en cuenta que la máxima caída de tensión permitida en total es de un 1,5%.

### **3.1.3.- Tramo 3: Regulador de carga y baterías – inversor**

En este caso utilizaremos el mismo tipo de cable que utilizamos para el tramo anterior, el cable Energy RV-K FOC, con una tensión de aislamiento asignada de 1,8 kV en continua.

Estos cables se colocarán desde la salida de las baterías hasta el inversor.



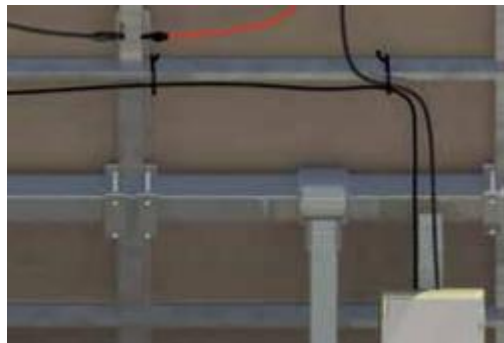
Como indicamos anteriormente, para este último tramo tendremos en cuenta una caída de tensión de un 0,95%. Para obtener la sección de nuestro conductor realizaremos el mismo cálculo hecho en el apartado anterior, por lo que nos quedaría de la siguiente manera:

$$S = \frac{4000 * 3 * 100}{56 * 301^2 * 0,95} = 0,24 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

Donde se han utilizado tanto la potencia total de la instalación como la distancia que hay entre las cajas de protección de corriente continua hasta el inversor con el correspondiente margen de seguridad.

### 3.1.4.- Cálculo de protecciones

Estas protecciones se colocaran en la caja de protección de continua que están situadas en la parte trasera del panel fotovoltaico más cercano a la caseta de los inversores, ya que así podremos disminuir el tramo de cable necesario para la realización de las conexiones.



**Figura 8: Colocación caja de protección de continua**

La caja de protección de continua que usaremos será proporcionada por la empresa CAHORS, en concreto la ARF1 ya que está diseñada especialmente para instalaciones fotovoltaicas.

- La protección del generador: Al ser una instalación donde hay dos módulos en paralelo, será necesario implementar una protección contra corrientes inversas en cada rama. Al colocar la caja en una zona de fácil acceso para el mantenimiento, se utilizarán fusibles en bases portafusibles seccionables:
  - Calibre de los fusibles:  $I_F = (1,5 \dots 2) * I_{SC}$
  - $I_F$ : Intensidad del fusible (A)
  - $I_{SC}$ : Intensidad de cortocircuito de la placa (A)

Por lo que la intensidad del fusible oscilará entre 13,07 y 17,42 A.

- Elegimos un cartucho fusible de 16 A cilíndrico de 10 x 38 mm.
- La tensión asignada debe ser:  $U_N \geq 1,2 * U_{GOC}$

$U_N$ : Tensión nominal del fusible (V)

$U_{GOC}$ : Tensión de circuito abierto del generador (V)

Por lo que la tensión nominal del fusible será de 361,2 V, teniendo que usar el valor normalizado de 400 V.

- Interruptor general del generador fotovoltaico: este interruptor se instalará en cada una de las cajas. Para su elección tendrá que cumplir con los siguientes requisitos:
  - Intensidad nominal:  $I_N \geq I_{GSC}$  ;  $I_N \geq 17,42$  A
  - Tensión nominal:  $U_N \geq U_{GOC}$  ;  $U_N \geq 301$  V
  - Es por esto que se elige un interruptor con una intensidad nominal de 20 A y una tensión nominal de 400 V.
  
- Protección de la batería de acumuladores: para esta función se colocará una base portafusibles en el positivo con un fusible que cumpla las siguientes características:
  - Calibre de los fusibles:  $I_F = (1,5 \dots 2) * I_{GSC}$  ;  $I_F = 26,13 \dots 34,84$  A
  - Se elige un cartucho fusible de 32 A cilíndrico de 10 x 38 mm.
  - La tensión asignada debe ser  $U_N \geq 1,2 * U_{GOC}$  ;  $U_N = 361,2$  V, teniendo que utilizar el valor normalizado de 400 V.

Por tanto, cada caja de protección de continua estará equipada con un fusible cilíndrico de 10 x 38 mm de intensidad nominal 16 A y tensión nominal 400 V para proteger el generador, un fusible cilíndrico de 10 x 38 mm de intensidad nominal 32 A y tensión nominal 400 V para proteger las baterías, así como un interruptor de maniobra de 20 A y 400 V de valores nominales.

Al margen de esto, el inversor está protegido en la zona de continua con un punto de desconexión a la entrada, un descargador de sobretensión y protección contra polarización inversa de corriente continua.

### 3.2.- Cálculo del cableado de alterna

Este cableado será el que conecte la salida del inversor a la oficina, ya que aprovecharemos la instalación existente en la granja para conectar nuestra instalación.

#### 3.2.1.- Tramo 1: Inversor – cuadro general de mando y protección

La salida de los inversores será monofásica, por lo que la tensión será de 230 V. El cable utilizado será el Harmohny XZ1 Al (S) con una tensión asignada de aislamiento de 0,6/1 kV en corriente alterna. Para este tramo, tomaremos una caída de tensión de un 1%.

Los conductores de este tramo se colocarán en tubos fijados a la pared en el tramo de la caseta de inversores protegidos por tubos rígidos de PVC, mientras que a la salida de la caseta irán entubados bajo zanja.

La sección la calcularemos de la siguiente forma:

$$\Delta V = 2 * \frac{P * L * 100}{\gamma * v^2 * S}$$

Donde:

- $\Delta V$ : Caída de tensión.
- P: Potencia que soporta el conductor.
- L: Longitud del cableado.
- $\gamma$ : Resistividad del conductor.
- v: Tensión que pasa por el conductor.
- S: Sección del conductor.

Por lo que, con los datos para este tramo, tenemos que la sección necesaria es:

$$S = 2 * \frac{4000 * 15 * 100}{56 * 230^2 * 1} = 4,05 \text{ mm}^2 \Rightarrow 6 \text{ mm}^2$$

Para calcular la intensidad que circula por el conductor, utilizaremos la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{v * \cos\phi}$$

Donde:

- I: Intensidad.
- P: Potencia que soporta el conductor.
- v: Tensión que pasa por el conductor.
- $\cos\phi$ : factor de potencia.

A la salida del inversor se tiene una señal con un  $\cos\phi$  igual a 1. Por tanto, la intensidad a la salida del inversor es de 17,4 A. Teniendo en cuenta que el REBT nos indica que las secciones de los conductores deben dimensionarse para soportar un 125% de la intensidad nomina, tendremos que instalar un cable con la sección necesaria para soportar una corriente de 21,75 A.

Como para este tramo hay dos tipos de canalizaciones (fijado a la pared y enterrado), tendremos que considerar la intensidad admisible para el caso más desfavorable. La intensidad máxima admisible del cable fijado a la pared, según la tabla 1 de la ITC-BT-19, con la sección calculada anteriormente de 6 mm<sup>2</sup>, es de 36 A. Mientras que para el cable enterrado, según la ITC-BT-07, con la misma sección, la intensidad máxima admisible es de 63 A. Por lo que se puede comprobar que en ambos casos la sección elegida para el conductor soporta la corriente que va a circular por él.

Por último calcularemos la intensidad de cortocircuito para poder determinar el poder de corte de las protecciones:

$$R_{cc} = \frac{2 * \rho * L}{S} ; I_{cc} = \frac{v}{R_{cc}}$$

Donde:

- $R_{cc}$ : Resistencia de cortocircuito.
- $\rho$ : Resistividad del cobre a 20°C (0,018  $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>/m).
- L: Longitud de la línea.
- S: Sección de la línea.
- $I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito.
- v: Tensión de la línea.

Por lo que nos queda que la resistencia de cortocircuito es de  $0,09 \Omega$ , mientras que la intensidad de cortocircuito es de  $2,56 \text{ kA}$  que tendrá un valor normalizado de  $3 \text{ kA}$ .

### 3.2.2.- Tramo 2: Grupo electrógeno – Cuadro General de Mando y protección

La salida del Grupo electrógeno será monofásica, por lo que la tensión será de  $230 \text{ V}$ . El cable utilizado será el Harmohny XZ1 Al (S) con una tensión asignada de aislamiento de  $0,6/1 \text{ kV}$  en corriente alterna. Para este tramo, tomaremos una caída de tensión de un  $1\%$ .

Los conductores de este tramo se colocarán en tubos fijados a la pared en el tramo de la caseta de inversores protegidos por tubos rígidos de PVC, mientras que a la salida de la caseta irán entubados bajo zanja.

La sección la calcularemos de la siguiente forma:

$$\Delta V = 2 * \frac{P * L * 100}{\gamma * v^2 * S}$$

Donde:

- $\Delta V$ : Caída de tensión.
- $P$ : Potencia que soporta el conductor.
- $L$ : Longitud del cableado.
- $\gamma$ : Resistividad del conductor.
- $v$ : Tensión que pasa por el conductor.
- $S$ : Sección del conductor.

Por lo que, con los datos para este tramo, tenemos que la sección necesaria es:

$$S = 2 * \frac{4800 * 15 * 100}{56 * 230^2 * 1} = 4,86 \text{ mm}^2 \Rightarrow 6 \text{ mm}^2$$

Para calcular la intensidad que circula por el conductor, utilizaremos la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{v * \cos\phi}$$

Donde:

- I: Intensidad.
- P: Potencia que soporta el conductor.
- v: Tensión que pasa por el conductor.
- $\cos\phi$ : factor de potencia.

A la salida del inversor se tiene una señal con un  $\cos\phi$  igual a 1. Por tanto, la intensidad a la salida del inversor es de 20,86 A. Teniendo en cuenta que el REBT nos indica que las secciones de los conductores deben dimensionarse para soportar un 125% de la intensidad nomina, tendremos que instalar un cable con la sección necesaria para soportar una corriente de 26,01 A.

Como para este tramo hay dos tipos de canalizaciones (fijado a la pared y enterrado), tendremos que considerar la intensidad admisible para el caso más desfavorable. La intensidad máxima admisible del cable fijado a la pared, según la tabla 1 de la ITC-BT-19, con la sección calculada anteriormente de 6 mm<sup>2</sup>, es de 36 A. Mientras que para el cable enterrado, según la ITC-BT-07, con la misma sección, la intensidad máxima admisible es de 63 A. Por lo que se puede comprobar que en ambos casos la sección elegida para el conductor soporta la corriente que va a circular por él.

Por último calcularemos la intensidad de cortocircuito para poder determinar el poder de corte de las protecciones:

$$R_{cc} = \frac{2 * \rho * L}{S} ; I_{cc} = \frac{v}{R_{cc}}$$

Donde:

- $R_{cc}$ : Resistencia de cortocircuito.
- $\rho$ : Resistividad del cobre a 20°C (0,018  $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>/m).
- L: Longitud de la línea.
- S: Sección de la línea.
- $I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito.
- v: Tensión de la línea.

Por lo que nos queda que la resistencia de cortocircuito es de  $0,09 \Omega$ , mientras que la intensidad de cortocircuito es de  $2,56 \text{ kA}$  que tendrá un valor normalizado de  $3 \text{ kA}$ .

### 3.2.3.- Cálculo de protecciones de alterna

El cableado llega desde el inversor al cuadro general de mando y protección con la intensidad calculada anteriormente, para ponernos del lado de la seguridad tomaremos el valor de corriente que tiene que soportar el conductor (el 125% del valor de corriente), en este caso  $21,75 \text{ A}$ .

Para dimensionar los interruptores magnetotérmicos se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F = 1,45 * I_Z$$

Donde:

- $I_B$ : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de carga.
- $I_N$ : Calibre asignado al dispositivo de protección.
- $I_Z$ : Corriente admisible por el cable.
- $I_F$ : Intensidad de funcionamiento.

Por tanto, se cumple que:

$$21,75 \text{ A} \leq 32 \text{ A} \leq 36 \text{ A}$$

En este caso, el inversor estará protegido por un magnetotermico de calibre  $32 \text{ A}$  con un poder de corte de  $3 \text{ kA}$ .

En cuanto a los interruptores diferenciales, se utilizará uno bipolar de  $32 \text{ A}$  y sensibilidad  $300 \text{ mA}$ .

En relación al cableado que llega desde el GE al cuadro general de mando y protección, para ponernos del lado de la seguridad tomaremos el valor de corriente que tiene que soportar el conductor (el 125% del valor de corriente), en este caso  $26,01 \text{ A}$ .

Para dimensionar los interruptores magnetotérmicos se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F = 1,45 * I_Z$$

Donde:

- $I_B$ : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de carga.

-  $I_N$ : Calibre asignado al dispositivo de protección.

- $I_Z$ : Corriente admisible por el cable.

- $I_F$ : Intensidad de funcionamiento.

Por tanto, se cumple que:

$$26,01 A \leq 32 A \leq 36 A$$

En este caso, el Grupo Electrónico estará protegido por un magnetotermico de calibre 32 A con un poder de corte de 3 kA.

En cuanto a los interruptores diferenciales, se utilizará uno bipolar de 32 A y sensibilidad 300 mA.

### **3.3.- Puesta a tierra**

Tal y como nos indica el pliego de condiciones técnicas de la IDAE, para una instalación con una tensión nominal superior a 48 voltios, será necesario instalar una toma tierra que como mínimo esté conectada a la estructura del soporte del generador y a los marcos metálicos de los módulos. Estos cálculos se realizarán en base a la ITC.BT-18 del Reglamento Electrónico para Baja Tensión.

#### **3.3.1.- Características del suelo**

Al tratarse de una granja, pese a que no se vaya a sembrar nada en ella, se trata de un terreno cultivable y fértil con terraplenes compactos y húmedos, cuya resistividad según nos indica el REBT es de  $50 \Omega \cdot m$ .

#### **3.3.2.- Cálculo de la puesta a tierra**

Para esta instalación se colocará 1 pica de puesta a tierra de 2 metros de longitud. Esta pica se enterrará a una profundidad de 0,5 metros.

Tal y como se indicó anteriormente, se conectarán a la estructura del soporte de los generadores y a los marcos metálicos de los módulos fotovoltaicos.

Este sistema se dimensionará de tal forma que su resistencia de puesta a tierra no sea superior al valor especificado para ello. Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:



-24 V en local o emplazamiento del conductor.

-50 V en los demás casos.

La protección diferencial que se le ha asignado a la instalación es de 300 mA, por lo que si consideramos que estamos en un local, la resistencia de puesta a tierra es:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24 V}{300 mA} = 80 \Omega$$

Siguiendo con la ITC-BT-18 del REBT, tenemos que la resistencia de la puesta a tierra se calcula de la siguiente forma:

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

Donde:

- $\rho$ : Resistividad del terreno ( $\Omega * m$ ).

-L: Longitud de la pica (m).

$$R = \frac{50 \Omega * m}{2 m} = 25 \Omega$$

Al ser una pica, la resistencia total es de 25  $\Omega$ , por lo que cumple con los requisitos establecidos en el REBT.

### 3.4.- Canalizaciones

En este apartado se tienen que tener en cuenta las condiciones que nos indica la ITC-BT-21 del Reglamento Electrónico para Baja Tensión.

Para esta instalación serán necesarios dos tipos de canalizaciones, unas fijas en superficie para las líneas que irán a la vista sobre pared y otras enterradas para las líneas que se canalizarán bajo la calzada.

#### 3.4.1.- Tramo de los módulos fotovoltaicos a la caja de protección de continua

Todo el tramo irá en la superficie, por lo que se empleará un tubo rígido de PVC fijado en la pared mediante abrazaderas protegidas contra la corrosión. Tal y como nos indica el REBT, al tener este tramo un cable con una sección de 2,5 mm<sup>2</sup>, el diámetro exterior del tubo de protección será de 12 mm ya que por el irán dos conductores.

### **3.4.2.- Tramo de la caja de protección de continua al regulador de carga y baterías**

Todo el tramo irá en la superficie, por lo que se empleará un tubo rígido de PVC fijado en la pared mediante abrazaderas protegidas contra la corrosión. Al igual que en el caso anterior, tenemos un cable de sección  $2,5 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo de protección será de 12 mm al tener que albergar dos conductores en su interior.

### **3.4.3.- Tramo del regulador de carga y baterías hasta el inversor**

Todo el tramo irá en la superficie, por lo que se empleará un tubo rígido de PVC fijado en la pared mediante abrazaderas protegidas contra la corrosión. Igual que anteriormente, se trata de un cable de sección  $2,5 \text{ mm}^2$ , lo que nos indica que, al ser dos conductores, el diámetro exterior del tubo de protección será de 12 mm.

### **3.4.4.- Tramo del inversor hasta el Cuadro General de Mando y Protección**

En este caso el tramo constará de una parte que irá en la superficie y otra parte que irá enterrada:

-Parte vista: Tubo rígido de PVC fijado en la pared mediante abrazaderas protegidas contra la corrosión. Al ser una instalación monofásica por el tubo irán dos conductores con una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo de protección deberá ser de 16 mm.

-Parte enterrada: Este tramo irá desde la salida de la caseta del inversor hasta la CGMP. Los cables irán en tubos flexibles de PVC. Al ser una instalación monofásica por el tubo irán dos conductores con una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo de protección debe ser de 50 mm.

### **3.4.5.- Tramo del inversor hasta el Cuadro General de Mando y Protección**

En este caso el tramo constará de una parte que irá en la superficie y otra parte que irá enterrada:

-Parte vista: Tubo rígido de PVC fijado en la pared mediante abrazaderas protegidas contra la corrosión. Al ser una instalación monofásica por el tubo irán dos conductores con una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo de protección deberá ser de 16 mm.

-Parte enterrada: Este tramo irá desde la salida de la caseta del inversor hasta la CGMP. Los cables irán en tubos flexibles de PVC. Al ser una instalación monofásica por el tubo irán dos conductores con una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo de protección debe ser de 50 mm.

**3.4.6.- Cálculo de las zanjas**

Solo es necesario realizar una zanja para enterrar una parte del cableado, esta zanja se realizará en tierra lo que implica que llevará un procedimiento determinado.

Primero llevará una capa inferior de hormigón de 0,3 m al ser una canalización de menos dos tubos. A continuación una capa de tierra apisonada procedente de la excavación realizada hasta llegar el nivel del suelo, colocándose en ella la cinta de señalización.



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Anexo III: Cálculo de la instalación hidráulica**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## Índice

1.- Objeto .....	80
2.- Instalación de tuberías para la placa térmica .....	80
2.1.- Cálculo de la instalación hidráulica .....	80
3.- Localización del panel térmico .....	83



## 1.- Objeto

El objeto de este anexo es el de determinar el tipo exacto de tubería necesario para que la instalación hidráulica de los paneles térmicos sea la más adecuada posible.

## 2.- Instalación de tuberías para la placa térmica

En este apartado se procederá a la realización de los cálculos hidráulicos de las conducciones necesarias para incorporar el sistema de ACS, constituidas por seis tramos de tubería de acero galvanizado, cuatro codos de 90° de radio medio y dos conexiones tipo “T” estándar para flujo recto.

### 2.1.- Cálculo de la instalación hidráulica

Los cálculos hidráulicos se han realizado mediante el programa informático “EPANET” que permite el cálculo de tuberías a presión. Las ecuaciones utilizadas son las de Darcy-Weisbach que viene dada por la siguiente forma:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- $H_f$ : Pérdida de carga debido a la fricción (m).
- $f$ : Factor de fricción de Darcy.
- $L$ : Longitud de la tubería (m).
- $D$ : Diámetro de la tubería (m).
- $v$ : Velocidad media del flujo (m/s).
- $g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

Los coeficientes de pérdida de carga “ $f$ ” que se han asumido para cada elemento son las que se recogen en la siguiente tabla:



Elemento	Coefficiente de pérdidas (f)
Codo 90°	0,8
"T"	1
Entrada al depósito	0,5
Salida del depósito	1

Tabla 1: Coeficiente de pérdidas del sistema hidráulico

Por experiencia en otras instalaciones de estas características deberemos asumir como caudal de cálculo el correspondiente al uso simultáneo de los baños que hay instalados en la granja. Los caudales consumidos por el lavamanos y las duchas tienen unos valores típicos de 9 y 12 l/min respectivamente, por lo que el caudal de cálculo para el caso más desfavorable será de 33 l/min. Mientras que, al no tener el dato concreto de la presión de la presión que circula por la granja, nos veremos obligados a tomar un valor estándar para la presión de suministro, es decir, 2,5 bares. Además, se asume una temperatura de flujo de 20°C, por lo que el peso específico es de 0,999 y la viscosidad cinemática es de 0,891, que se verá directamente afectado por la rugosidad del acero galvanizado que es de 0,15 mm.

El procedimiento utilizado con el fin de determinar el diámetro de la tubería consiste en un proceso iterativo en el que se realizan los cálculos para diferentes diámetros hasta obtener el menor diámetro comercial que garantice un óptimo funcionamiento del sistema proyectado. Este diámetro, como se podrá comprobar en los resultados arrojados por “EPANET” este diámetro es de 20 mm, que es además el diámetro de las conducciones existentes.

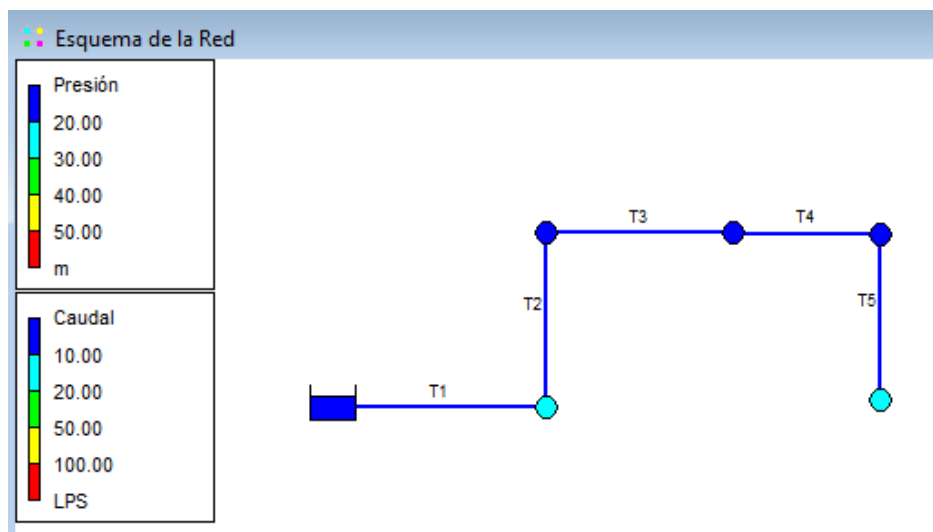


Figura 1: Tramos de las tuberías de la instalación

Como se puede ver en la figura la instalación consta de cinco tramos principales que se enumeran a continuación:

-Tramo 1: Realmente este tramo no pertenece al sistema proyectado, ya que se trata de la conducción a la que se conectará el nuevo sistema mediante una “T”.

-Tramo 2: Este tramo está constituido por una “T” de acero galvanizado de 20x20 mm, un tramo de 40 cm que atraviesa la pared al que le conecta un codo de 90° y una tubería de 4 m que irá fijada al exterior de la pared hasta llegar a la cubierta.

-Tramo 3: Consta de un codo que une el tramo anterior con una tubería de 1,5 m de longitud que irá conectada a la placa térmica.

-Tramo 4: Se trata de una tubería de 1,5 m de longitud que llevará el agua caliente de la placa térmica hasta un codo con el que se unirá al tramo 5.

-Tramo 5: Este último tramo está formado por una conducción de 4 m que se unirá mediante un codo a otro segmento de 40 cm encargado de cerrar la instalación conectándola con la red existente.

A continuación se muestran los resultados obtenidos por el software empleado:

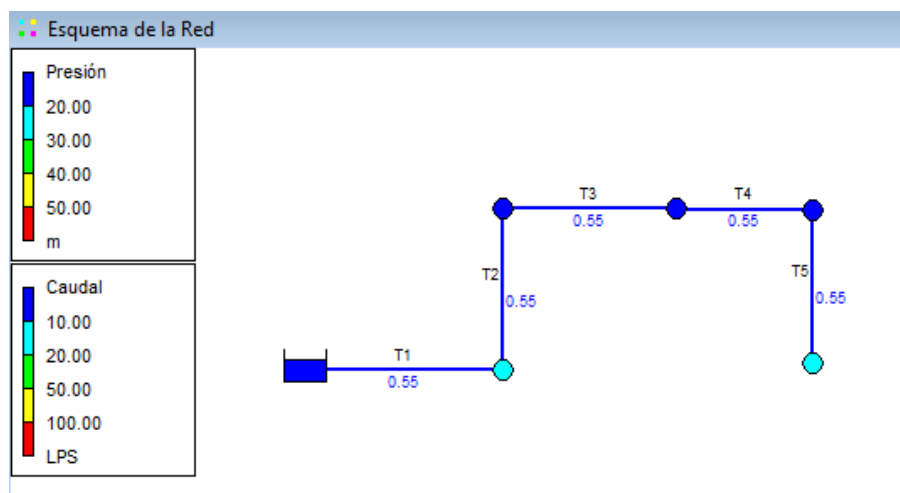


Figura 2: Caudal de las conducciones en l/s

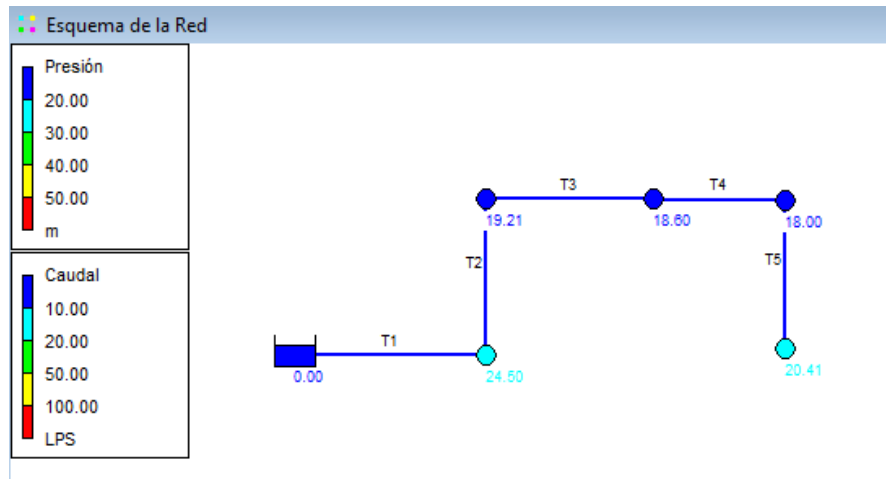


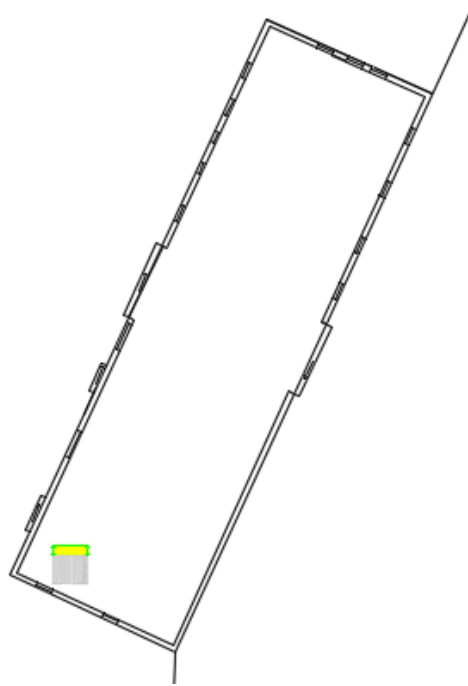
Figura 3: Presión en los nudos del sistema en metros columna de agua

Analizando razonadamente estos resultados se puede concluir que la instalación hidráulica funcionará correctamente para el supuesto de una demanda de agua caliente máxima. Por tanto se puede concluir que el sistema proyectado cumple con todos los requisitos técnicos exigidos para el dimensionamiento de una red de agua potable a presión. Además, al tener el depósito de agua junto al panel en lugar de colocarlo en el interior del edificio, nos ahorramos el uso de bombas para mover el agua, ya que de esta manera el agua se mueve de un sitio a otro gracias a su propia presión.

Por último, para tener un respaldo por si los paneles térmicos no suministraran suficiente agua caliente, se mantendrá el termo eléctrico con unas válvulas que, en caso de necesidad, se podrán activar para que sea este el que suministre el agua caliente a los baños.

### 3.- Localización del panel térmico

En esta instalación, con el fin de ahorrar la mayor cantidad de tubería posible evitando así la pérdida de calor por transporte, el panel térmico se colocará encima del termo eléctrico, ya que usaremos ese punto como el enlace entre la instalación térmica y el edificio.



**Figura 3: Localización del panel térmico**



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Anexo IV: Estudio Básico de Seguridad y Salud**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## Índice

1.- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	89
1.1.- Introducción .....	89
1.2.- Obligación general del empresario.....	89
2.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.....	90
2.1.- Introducción .....	90
2.2.- Obligación general del empresario.....	91
2.2.1.- Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.....	92
2.2.2.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles .	93
2.2.3.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.....	93
2.2.4.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.....	94
2.2.5.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta.....	96
3.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.....	97
3.1.- Introducción .....	97
3.2.- Estudio básico de seguridad y salud.....	98
3.2.1.- Riesgos más frecuentes en las obras de construcción .....	98
3.2.2.- Medidas preventivas de carácter general .....	99
3.2.3.- Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio .....	101
3.3.- Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras ....	107
4.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.....	107
4.1.- Introducción .....	107
4.2.- Obligaciones generales del empresario .....	108
4.2.1.- Protectores de la cabeza .....	108
4.2.2.- Protectores de manos y brazos .....	108

4.2.3.- Protectores de pies y piernas.....	109
4.2.4.- Protectores del cuerpo.....	109



# **1.- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo**

## **1.1.- Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

## **1.2.- Obligación general del empresario**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia

de materias inflamables, tóxica, corrosiva o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

## **2.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**

### **2.1.- Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los*

*equipos de trabajo*, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

## **2.2.- Obligación general del empresario**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.

-Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

### **2.2.1.- Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

### **2.2.2.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

### **2.2.3.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos

de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con “pestillos de seguridad” y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### **2.2.4.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm. de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm. de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados “silenciosos” en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

### **2.2.5.- Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera,



se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

### **3.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**

#### **3.1.- Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Red de Alumbrado Público se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.000 euros.

b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un *estudio básico de seguridad y salud*. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

## **3.2.- Estudio básico de seguridad y salud**

### **3.2.1.- Riesgos más frecuentes en las obras de construcción**

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

-Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

-Relleno de tierras.

-Encofrados.

-Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

-Trabajos de manipulación del hormigón.

-Montaje de estructura metálica

-Montaje de prefabricados.

-Albañilería.

-Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

-Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).

-Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.

-Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.

- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### **3.2.2.- Medidas preventivas de carácter general**

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio

del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío.

Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### **3.2.3.- Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio**

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

#### Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

#### Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

#### Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.



### Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

### Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

-Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.

-La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.

-La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.

-Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

### **3.3.- Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

## **4.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual**

### **4.1.- Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de  
Instalación fotovoltaica en una granja

protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

## **4.2.- Obligaciones generales del empresario**

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

### **4.2.1.- Protectores de la cabeza**

-Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.

-Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.

-Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.

-Mascarilla antipolvo con filtros protectores.

-Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

### **4.2.2.- Protectores de manos y brazos**

-Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).

-Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.

-Guantes dieléctricos para B.T.

-Guantes de soldador.

-Muñequeras.

-Mango aislante de protección en las herramientas.

#### **4.2.3.- Protectores de pies y piernas**

-Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.

-Botas dieléctricas para B.T.

-Botas de protección impermeables.

-Polainas de soldador.

-Rodilleras.

#### **4.2.4.- Protectores del cuerpo**

-Crema de protección y pomadas.

-Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.

-Traje impermeable de trabajo.

-Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.

-Fajas y cinturones antivibraciones.

-Pértiga de B.T.

-Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.

-Linterna individual de situación.

- Comprobador de tensión.



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Anexo V: Especificaciones técnicas de los componentes**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## **Índice**

- 1.- Módulo solar fotovoltaico A-250P GSE**
- 2.- Inversor Sunny Boy 5000TL**
- 3.- Regulador Sunny Island 6H**
- 4.- Cables fotovoltaicos EXZHELLENT SOLAR**





## Optimum *nueva gama*



Módulo solar fotovoltaico (60 células 6")  
**A-xxxP GSE** (230/235/240/245/250/255/260 W)

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



**A-xxxP GSE** (xxx = potencia nominal)**Características eléctricas**

Potencia Máxima (Pmax)	230 W	235 W	240 W	245 W	250 W	255 W	260 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	29.49 V	29.72 V	29.95 V	30.23	30.58 V	30.90 V	31.23 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	7.81 A	7.91 A	8.02 A	8.11	8.18 A	8.26 A	8.34 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	36.58 V	36.76 V	37.03 V	37.28	37.61 V	37.85 V	38.12 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8.36 A	8.45 A	8.54 A	8.64	8.71 A	8.82 A	8.91 A
Eficiencia del Módulo (%)	14.11	14.42	14.73	15.03	15.34	15.65	15.95
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

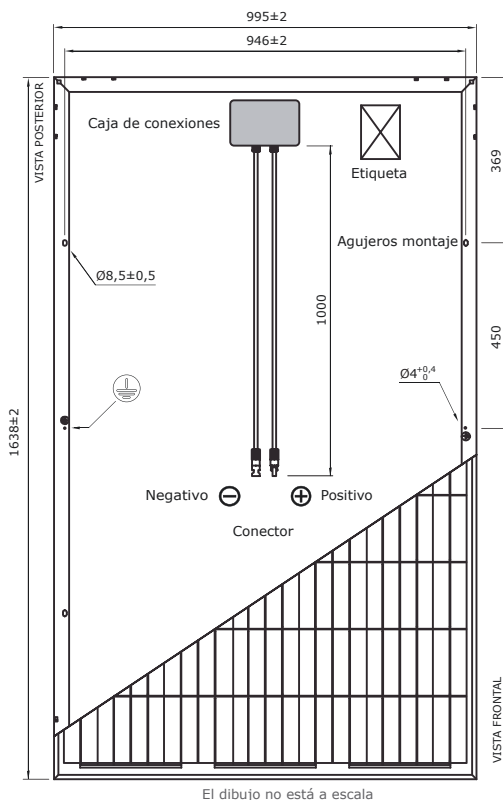
Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

**Especificaciones mecánicas**

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

**Materiales de construcción**

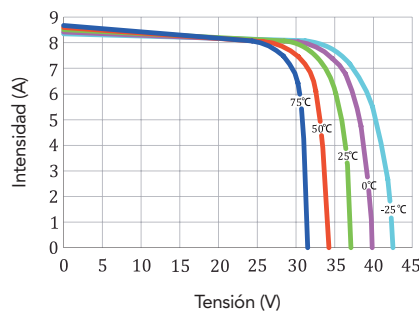
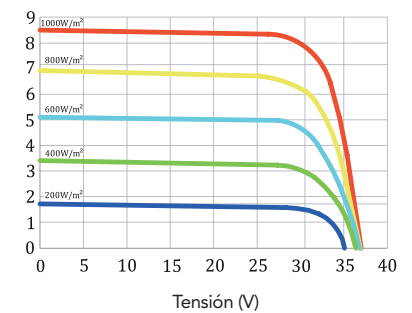
Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Policristalina/156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP65/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Connector	1000 mm./4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4

**Vista genérica construcción módulo****Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.07% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.30% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.38% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

**Embalaje**

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40'	28 pzas
Módulos/contenedor 40'	728 pzas

**Temperatura Varia (A-240P GSE)****Irradiación Varia (A-240P GSE)**

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

SB 3000TL-21 / SB 3600TL-21 / SB 4000TL-21 / SB 5000TL-21



**Rentable**

- Rendimiento máximo del 97 %
- Tecnología multistring en todas las clases de potencia
- Ahorro de costes por el menor número de strings paralelos
- Gestión de las sombras mediante OptiTrac Global Peak

**Flexible**

- Tensión de entrada máxima (CC) de 750 voltios
- Funciones de gestión de red integradas y preparación de potencia reactiva

**Sencillo**

- Sin ventilador
- Montaje mural simplificado
- Sistema de conexión de CC SUNCLIX
- Conexión rápida y sin herramientas

**Comunicativo**

- Fácil configuración por países
- Tecnología Bluetooth® y Speedwire/Webconnect de serie

**SUNNY BOY 3000TL / 3600TL / 4000TL / 5000TL con Reactive Power Control**

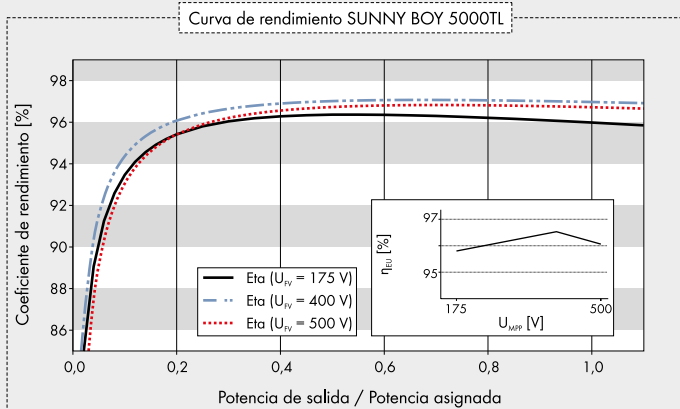
Como el antiguo. Pero nuevo. Sunny Boy de uso universal.

Todo son mejoras: el nuevo Sunny Boy sin transformador es la solución perfecta para generadores fotovoltaicos exigentes y plantas ubicadas parcialmente a la sombra. Como sucesor del exitoso Sunny Boy, la versión 20 ofrece toda una serie de ventajas adicionales: su implementación es más flexible; su rendimiento más eficiente y su manejo, más cómodo. Con la elevada tensión de CC de 750 V, se produce un ahorro de costes al emplear menos strings paralelos. Además, gracias a las funciones integradas de gestión de la red, los equipos pueden emplearse de forma universal y contribuyen decisivamente al apoyo de la red.

# SUNNY BOY 3000TL / 3600TL / 4000TL / 5000TL

## con Reactive Power Control

Datos técnicos	Sunny Boy 3000TL	Sunny Boy 3600TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC (a $\cos \varphi = 1$ )	3200 W	3880 W
Tensión de entrada máx.	750 V	750 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	175 V a 500 V / 400 V	175 V a 500 V / 400 V
Tensión de entrada mín. / de inicio	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A / B	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Número de entradas de MPP independientes / strings por entrada de MPP	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA
Tensión nominal de CA / rango	220 V, 230 V, 240 V / 180 V a 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz
Frecuencia asignada de red / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	16 A	16 A
Factor de potencia a potencia asignada	1	1
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo
Fases de inyección / conexión	1 / 1	1 / 1
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx. / europeo Rendimiento	97 % / 96 %	97 % / 96,4 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Punto de desconexión en el lado de entrada	●	●
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica	● / ● / -	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	●
Clase de protección (según IEC 62103) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I / III	I / III
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	490 / 519 / 185 mm (19,3 / 20,4 / 7,3 in)	
Peso	26 kg (57,3 lb)	
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)	
Emisión sonora, típica	25 dB(A)	25 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W	1 W
Topología	Sin transformador	Sin transformador
Sistema de refrigeración	Convección	Convección
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %	100 %
<b>Equipamiento</b>		
Conexión de CC / CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte
Pantalla	Gráfico	Gráfico
Interfaces: RS485 / Bluetooth® / Speedwire/Webconnect	○ / ● / ●	○ / ● / ●
Relé multifunción / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727, MEA <sup>4</sup> , NEN-EN50438, NRS 097-2-1, PEA <sup>4</sup> , PPC, PPDS, RD1699, RD 661, SI 4777, UTE C15-712, VDE-ARN 4105, VDE0126-1-1, VFR 2013, VFR 2014	
Actualizado: diciembre 2015		
● De serie ○ Opcional - No disponible, datos en condiciones nominales		
Modelo comercial	SB 3000TL-21	SB 3600TL-21



## Accesorios



Interfaz RS485  
DM-485CB-10



Interfaz de Speedwire/  
Webconnect SWDM-10



Relé multifunción  
MFR01-10



Kit de ventilador adicional  
FANKIT01-10



Power Control Module  
PWCMOD-10

<sup>1</sup>No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438.

<sup>2</sup> 4 600 VA para VDE-AR-N 4105 <sup>3</sup> 4 825 W para VDE-AR-N 4105

<sup>4</sup> Solo SB 3600TL-21, SB 5000TL-21

Datos técnicos	Sunny Boy 4000TL	Sunny Boy 5000TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC (a $\cos \varphi = 1$ )	4200 W	5250 W <sup>3</sup>
Tensión de entrada máx.	750 V	750 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	175 V a 500 V / 400 V	175 V a 500 V / 400 V
Tensión de entrada mín. / de inicio	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A / B	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Número de entradas de MPP independientes / strings por entrada de MPP	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	4000 W	4600 W
Potencia máx. aparente de CA	4000 VA	5000 VA <sup>2</sup>
Tensión nominal de CA / rango	220 V, 230 V, 240 V / 180 V a 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz
Frecuencia asignada de red / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	22 A	22 A
Factor de potencia a potencia asignada	1	1
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo
Fases de inyección / conexión	1 / 1	1 / 1
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx. / europeo Rendimiento	97 % / 96,4 %	97 % / 96,5 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Punto de desconexión en el lado de entrada	●	●
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica	● / ● / -	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	●
Clase de protección (según IEC 62103) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I / III	I / III
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	490 / 519 / 185 mm (19,3 / 20,4 / 7,3 in)	
Peso	26 kg (57,3 lb)	
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)	
Emisión sonora, típica	25 dB(A)	25 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W	1 W
Topología	Sin transformador	Sin transformador
Sistema de refrigeración	Convección	Convección
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%	100%
<b>Equipamiento</b>		
Conexión de CC / CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte
Pantalla	Gráfico	Gráfico
Interfaces: RS485 / Bluetooth® / Speedwire/Webconnect	○ / ● / ●	○ / ● / ●
Relé multifunción / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727, MEA <sup>4</sup> , NEN-EN50438, NRS 097-2-1, PEA <sup>4</sup> , PPC, PPDS, RD1699, RD 661, SI 4777, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2013, VFR 2014	
● De serie ○ Opcional - No disponible, datos en condiciones nominales		
Modelo comercial	SB 4000TL-21	SB 5000TL-21

# www.SunnyPortal.com

Monitorización, gestión y presentación profesionales de plantas fotovoltaicas



www.SMA-Solar.com

SMA Solar Technology

SBS 0000121 DES 155 1 V20 SMA y Sunny Boy son marcas registradas de SMA Solar Technology AG. Bluewin® es una marca comercial registrada de Bluewin SIC, Inc. SUNCLIX es una marca comercial registrada de PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. Impreso en papel FSC. No se reservan el derecho de realizar cambios en productos y servicios, incluyendo las modificaciones de requisitos específicos de cada país, así como modificaciones en los datos técnicos. SMA no asume ninguna responsabilidad por errores o fallos de impresión. Para obtener información actualizada consulte la página web www.SMA-Solar.com.

# SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H PARA SISTEMAS AISLADOS (OFF GRID)



SI6.0H-11 / SI8.0H-11



## Sencillo

- OptiUse: rápida instalación y puesta en servicio, manejo simplificado
- OptiBat: siempre al día con la visualización del estado de carga

## Resistente

- IP 54: protección óptima frente al polvo y la humedad
- OptiCool: mayor rango de temperatura
- OptiPower: funcionamiento más seguro en cualquier situación

## Flexible

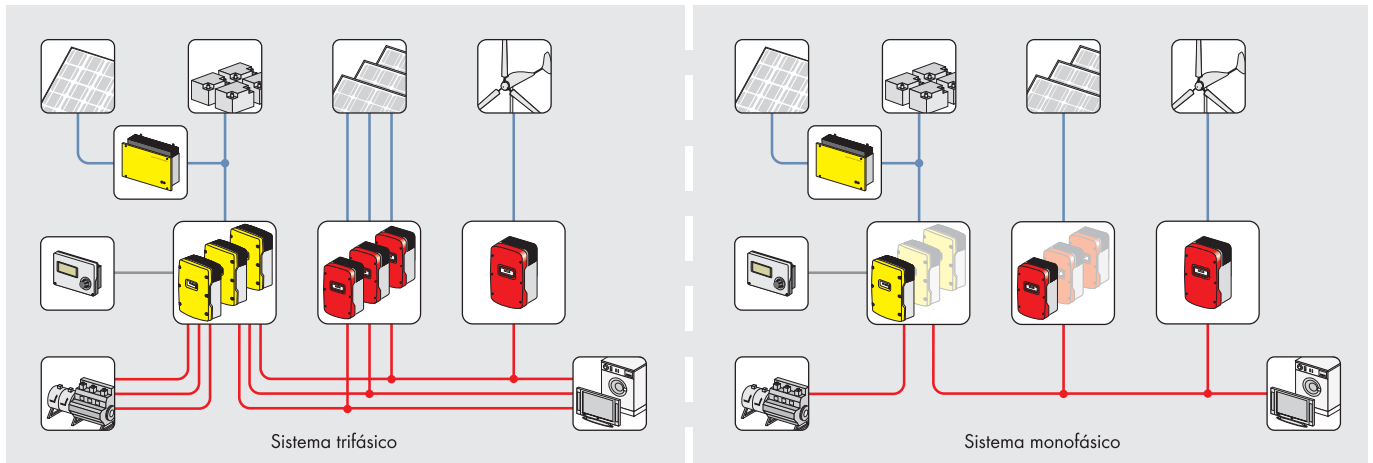
- Para sistemas de 3 kW a 300 kW
- Diseño preciso
- Compatible con tecnología multiclúster

## SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H

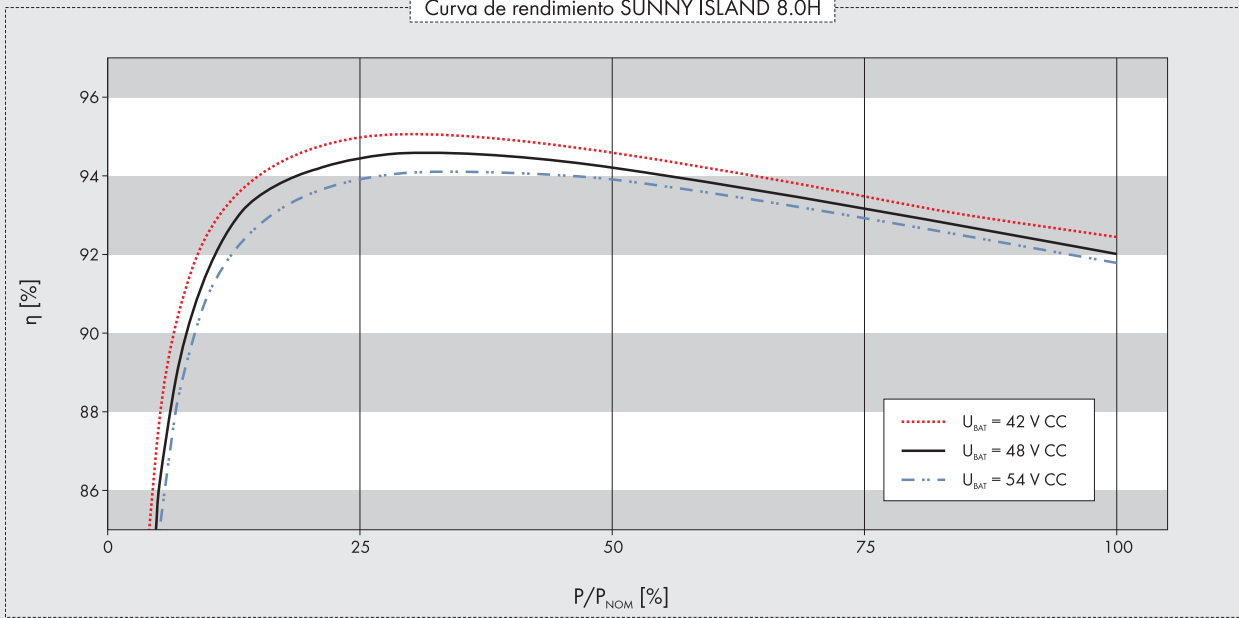
Sencillo, robusto y flexible

Más resistente que su predecesor: el nuevo Sunny Island convence por su elevada clase de protección y su amplio rango de temperatura. La humedad, el polvo y los cambios de temperatura no afectan, incluso durante 20 años, a su buen funcionamiento. Gracias a OptiCool, no es necesario hacer concesiones en cuanto a la capacidad de sobrecarga y la rentabilidad. Y aún hay más: la inteligente gestión de la energía y de la carga OptiPower garantiza el funcionamiento también en situaciones difíciles. OptiUse hace que la instalación, la puesta en servicio y el uso diario sean más fáciles que nunca: con detección de campo giratorio, guía de configuración rápida y manejo intuitivo. Además, la gestión avanzada de baterías OptiBat regula automáticamente las operaciones de carga y descarga y alarga así la vida útil de los sensibles dispositivos de almacenamiento de energía. El Sunny Island es un auténtico "paquete todo incluido" para lograr un suministro energético fiable y autónomo.

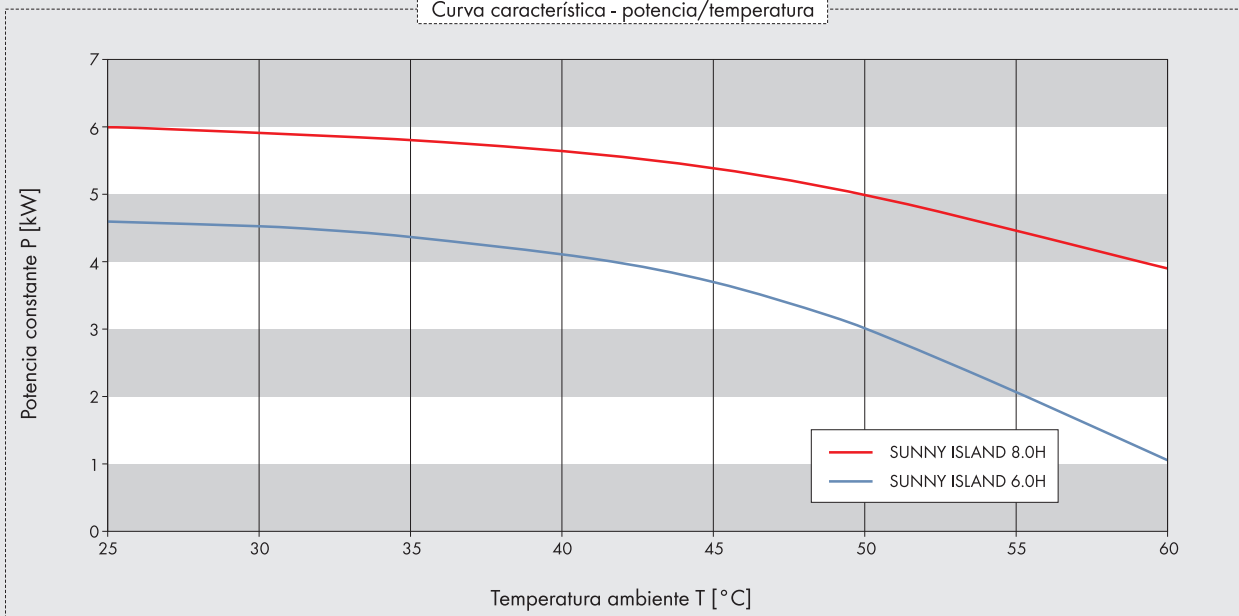
# SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H



Curva de rendimiento SUNNY ISLAND 8.0H



Curva característica - potencia/temperatura

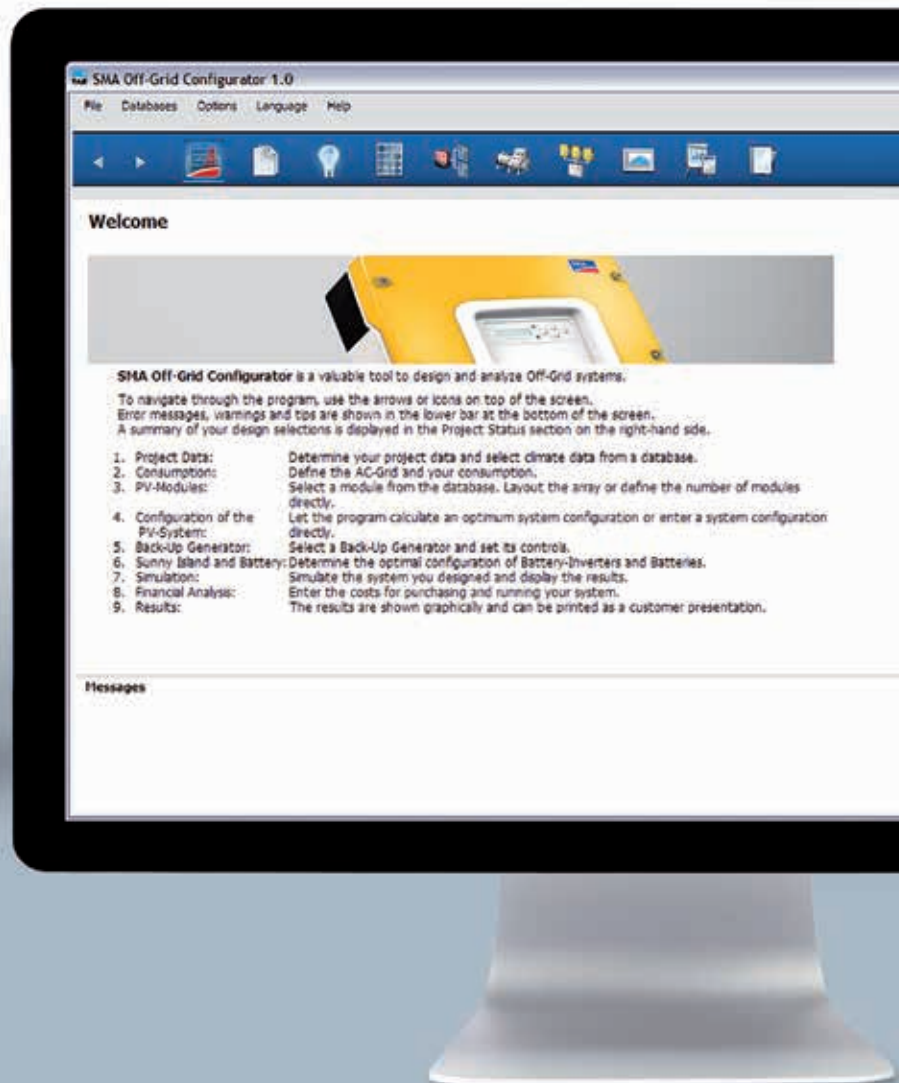




Datos técnicos	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
<b>Salida de CA (equipo consumidor / red aislada)</b>		
Tensión asignada de red / rango de tensión CA	230 V / 202 V ... 253 V	230 V / 202 V ... 253 V
Frecuencia nominal / rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz / 45 Hz ... 65 Hz	50 Hz / 45 Hz ... 65 Hz
Potencia asignada (a $U_{nom}, f_{nom} / 25\text{ °C} / \cos \varphi = 1$ )	4 600 W	6 000 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min / 5 min / 3 s	6 000 W / 6 800 W / 11 000 W	8 000 W / 9 100 W / 11 000 W
Potencia CA a 45 °C	3 700 W	5 430 W
Intensidad asignada / corriente de salida máxima (pico)	20 A / 120 A	26 A / 120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida / factor de potencia para la potencia asignada	< 4% / -1 ... +1	< 4% / -1 ... +1
<b>Entrada de CA (generador, red o MC-Box)</b>		
Tensión asignada de entrada / rango de la tensión de entrada CA	230 V / 172,5 V ... 264,5 V	230 V / 172,5 V ... 264,5 V
Frecuencia asignada de entrada / rango de frecuencia de entrada permitida	50 Hz / 40 Hz ... 70 Hz	50 Hz / 40 Hz ... 70 Hz
Corriente de entrada máxima de CA	50 A	50 A
Potencia de entrada máxima de CA	11 500 W	11 500 W
<b>Batería de entrada de CC</b>		
Tensión asignada de entrada / rango de tensión CC	48 V / 41 V ... 63 V	48 V / 41 V ... 63 V
Corriente de carga máxima de la batería	110 A	140 A
Corriente de carga asignada de CC / corriente de descarga asignada de CC	90 A / 103 A	115 A / 136 A
Tipo de batería / capacidad de la batería (rango)	FLA, VRLA / 100 Ah ... 10 000 Ah	FLA, VRLA / 100 Ah ... 10 000 Ah
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas
<b>Rendimiento / autoconsumo</b>		
Rendimiento máximo	96%	96%
Autoconsumo sin carga / en espera	< 26 W / < 4 W	< 26 W / < 4 W
<b>Dispositivo de protección (equipo)</b>		
Cortocircuito de CA / sobrecarga de CA	● / ●	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC / fusible de CC	- / -	- / -
Sobrecalentamiento / descarga total de la batería	● / ●	● / ●
Categoría de sobretensión conforme a IEC 60664-1	III	III
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (anchura x altura x profundidad)	467 mm x 612 mm x 242 mm	467 mm x 612 mm x 242 mm
Peso	63 kg	63 kg
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Clase de protección según IEC 62103	I	I
Clase climática según IEC 60721	3K6	3K6
Clase de protección según IEC 60529	IP54	IP54
<b>Características / función</b>		
Manejo y pantalla / relé multifunción	Externo mediante SRC-20 / 2	Externo mediante SRC-20 / 2
Sistemas trifásicos / conexión en paralelo	● / ●	● / ●
Puenteo integrado / funcionamiento multiclúster	- / ●	- / ●
Cálculo del nivel de carga / carga completa / carga de compensación	● / ● / ●	● / ● / ●
Arranque suave integrado / asistencia de generador	● / ●	● / ●
Sensor de temperatura de la batería / cables de datos	● / ●	● / ●
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com
Garantía: 5 años	●	●
<b>Accesorios</b>		
Cables de la batería / fusibles de la batería	○ / ○	○ / ○
Interfaz SI-COMSMA (RS485) / SI-SYSCAN (multiclúster)	○ / ○	○ / ○
Arranque avanzado del generador "GenMan"	○	○
Contactador de deslastre de carga / medición externa de la corriente de la batería	○ / ○	○ / ○
Modelo comercial	SI6.0H-11	SI8.0H-11
<p>● Equipamiento de serie   ○ Opcional   – No disponible</p> <p>Datos en condiciones nominales</p>		

# SMA OFF-GRID CONFIGURATOR

Programa de diseño y simulación para sistemas aislados



# EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (PV1-F TÜV)

TENSIÓN: 0,6/1 kV c.a. - 1,8 kV c.c.

 General Cable



## NORMAS

Especificación TÜV 2Pfg 1169

IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama

IEC 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases

IEC 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

## CONSTRUCCIÓN

### CONDUCTOR:

Cobre estañado, flexible clase 5

### AISLAMIENTO:

Elastómero reticulado libre de halógenos

### CUBIERTA EXTERIOR:

Elastómero reticulado libre de halógenos

## APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Para conexión entre placas fotovoltaicas y entre placas fotovoltaicas e inversor (sistemas de corriente continua).

Cable de seguridad: no propagador de la llama, libre de halógenos y de reducida opacidad de los humos emitidos.

Resistencia a la intemperie.

Trabajo a temperaturas ambientes extremas, desde -40 °C hasta +90 °C.

Temperatura máxima en el conductor de 120 °C durante 20.000 horas (EN 50168, tabla A.3).

Excelentes prestaciones mecánicas.

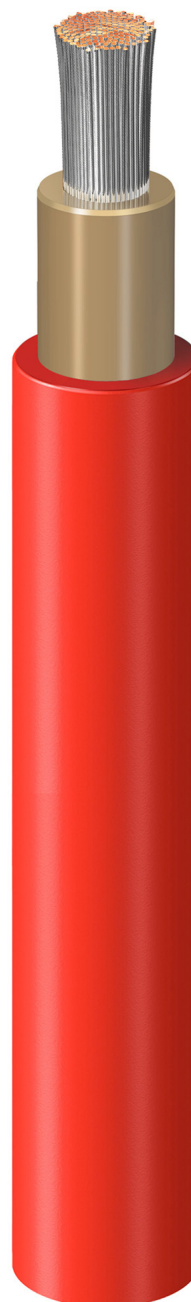
Servicios móviles. No recomendado para instalación enterrada.

Garantía de funcionamiento mínima de 25 años.

Intensidades máximas admisibles con temperatura ambiente de 60 °C y temperatura máxima en el conductor de 120 °C.

Producto no recomendado para instalación subterránea, ya sea entubado o enterrado directamente.

Producto certificado por TÜV - .Cert. No. R.60034574



# EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (PV1-F TÜV)

TENSIÓN: 0,6/1 kV c.a. - 1,8 kV c.c.



						
	mm <sup>2</sup>	mm	kg/km	mm	A	V/A.km
1614107	1x2,5	5,0	50	20	41	22,87
1619108	1x4	5,8	62	23	55	14,18
1619109	1x6	6,6	85	26	70	9,445
1619110	1x10	8,0	135	32	96	5,433
1614111	1x16	8,8	200	35	132	3,455
1614112	1x25	10,5	295	42	176	2,215
1614113	1x35	11,8	395	47	218	1,574

**CABLES PARA INSTALACIONES  
DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**  
POR UNA ENERGÍA LIMPIA



# UNA COMPAÑÍA CONECTANDO AL MUNDO

## LÍDER GLOBAL · LÍDER EN PRODUCTOS · LÍDER EN DESEMPEÑO · LÍDER EN TALENTO

General Cable es un fabricante de cables y soluciones innovadoras con más de 165 años de experiencia. Hoy con más de 14,000 empleados y \$6 millones de cifra de negocio, somos una de las compañías líderes en la fabricación de cables a nivel mundial.

Nuestra compañía da servicio a sus clientes a través de una red global de 57 fábricas en 26 países, con representantes comerciales y centros de distribución alrededor de todo el mundo. Nos dedicamos a la fabricación de cables de aluminio, cobre y fibra óptica de la más alta calidad para dar soluciones a los sectores de energía, construcción, industria, aplicaciones especiales y comunicaciones. Contamos con una inmensa gama de productos para miles de aplicaciones y, continuamos invirtiendo en Investigación y Desarrollo con el objetivo de mantener y extender nuestro liderazgo en tecnología e innovación y así poder responder a los desafíos y necesidades de un mercado cambiante, desarrollando nuevos materiales, diseñando nuevos productos y creando nuevas soluciones.

General Cable cuenta con un gran prestigio tanto en tecnología y fabricación como en distribución, logística, marketing, ventas y servicio al cliente. Esta combinación nos permite ofrecer el mejor servicio a nuestros clientes comprometiéndonos con su desarrollo y crecimiento.

**General Cable ofrece a sus clientes toda la fuerza y respaldo de una gran compañía y nuestra gente con su agilidad y dedicación responden con soluciones a medida del cliente. Gracias a ello, podemos servirle de manera global o local.**



Visite nuestra página web en  
[www.generalcable.es](http://www.generalcable.es)

# EXZHELLENT SOLAR



ZZ-F (PV1-F)

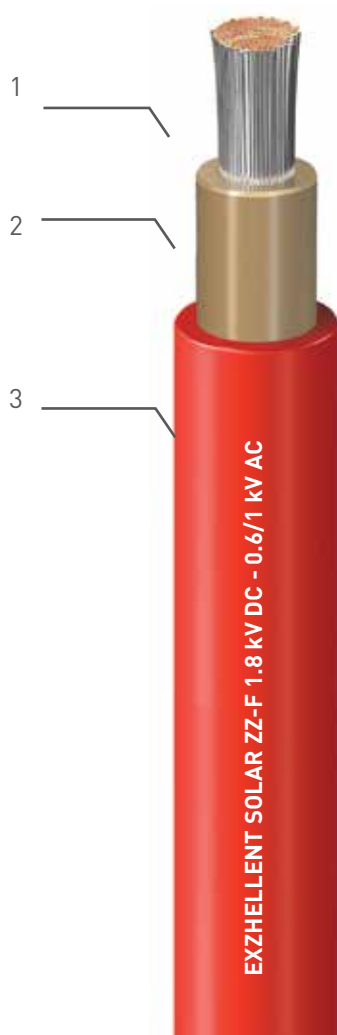
1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

## APLICACIONES:

Los cables Exzhellent Solar ZZ-F (PV1-F) han sido diseñados para resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.

Con los cables Exzhellent Solar conseguirá la máxima eficiencia de sus instalaciones, garantizando la evacuación de la energía producida durante toda la vida útil de su instalación.

## CONSTRUCCIÓN:



### 1. Conductor:

Cobre estañado Clase 5 para servicio móvil (-F)

### 2. Aislamiento:

Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)

### 3. Cubierta:

Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)

## NORMAS:

TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

UTE C 32-502

## TENSIÓN:

1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

## PRESTACIONES:



## APROBACIONES:



Ecológico



Certificado por TÜV Reheintland

• BAUART  
• GEPRÜFT  
• TYPE  
• APPROVED

Certificado por  
LCIE Bureau  
Veritas

# EXZHELLENT SOLAR

## ZZ-F (PV1-F)

### 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código General Cable	Sección mm <sup>2</sup>	Color de cubierta	Diámetro exterior mm	Peso kg/km	Radio mín. de curvatura mm	Resist. máx. del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad al aire (1) A	Caída de tensión en DC V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1619108/1614108	1x4	■ ■	5,8	62	23	5,09	55	14,18
1619109/1614109	1x6	■ ■	6,6	85	26	3,39	70	9,445
1619110/1614110	1x10	■ ■	8,0	135	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Todos los cables están certificados por TÜV.

Los cables con los códigos 1614108, 1614109 y 1614110 están certificados por LCIE.

En gris oscuro: stock disponible. ■

Sección disponible hasta 1x300 mm<sup>2</sup> bajo pedido.

Cable con cubierta de color azul bajo pedido.

(1) Cable único libre al aire (TÜV 2Pfg 1169/08.2007):

Temperatura ambiente: 60°C

Temperatura del conductor: 120°C





# CARACTERÍSTICAS OBLIGATORIAS

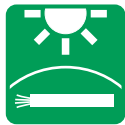
## RESISTENCIA A LA INTEMPERIE



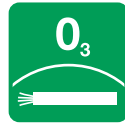
TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR:  
120°C (1)  
IEC 60216



RESISTENCIA A TEMPERATURAS EXTREMAS  
Mínima: -40°C  
IEC 60811-504, -505, -506



RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS (UV)  
UL 1581



RESISTENCIA AL OZONO  
IEC 60811-403



RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DE AGUA  
IEC 60811-402

## VIDA ÚTIL



VIDA ÚTIL  
30 AÑOS  
IEC 60216

## RESISTENCIA MECÁNICA



RESISTENCIA AL IMPACTO  
IEC 60811-506



RESISTENCIA A LA ABRASIÓN  
EN 50305



RESISTENCIA AL DESGARRO  
HD 605

## ECOLÓGICO - ALTA SEGURIDAD



ECOLÓGICO



LIBRE DE HALÓGENOS  
IEC 60754-1



BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS  
IEC 60754-2



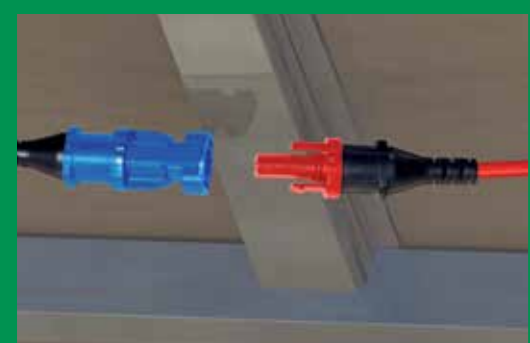
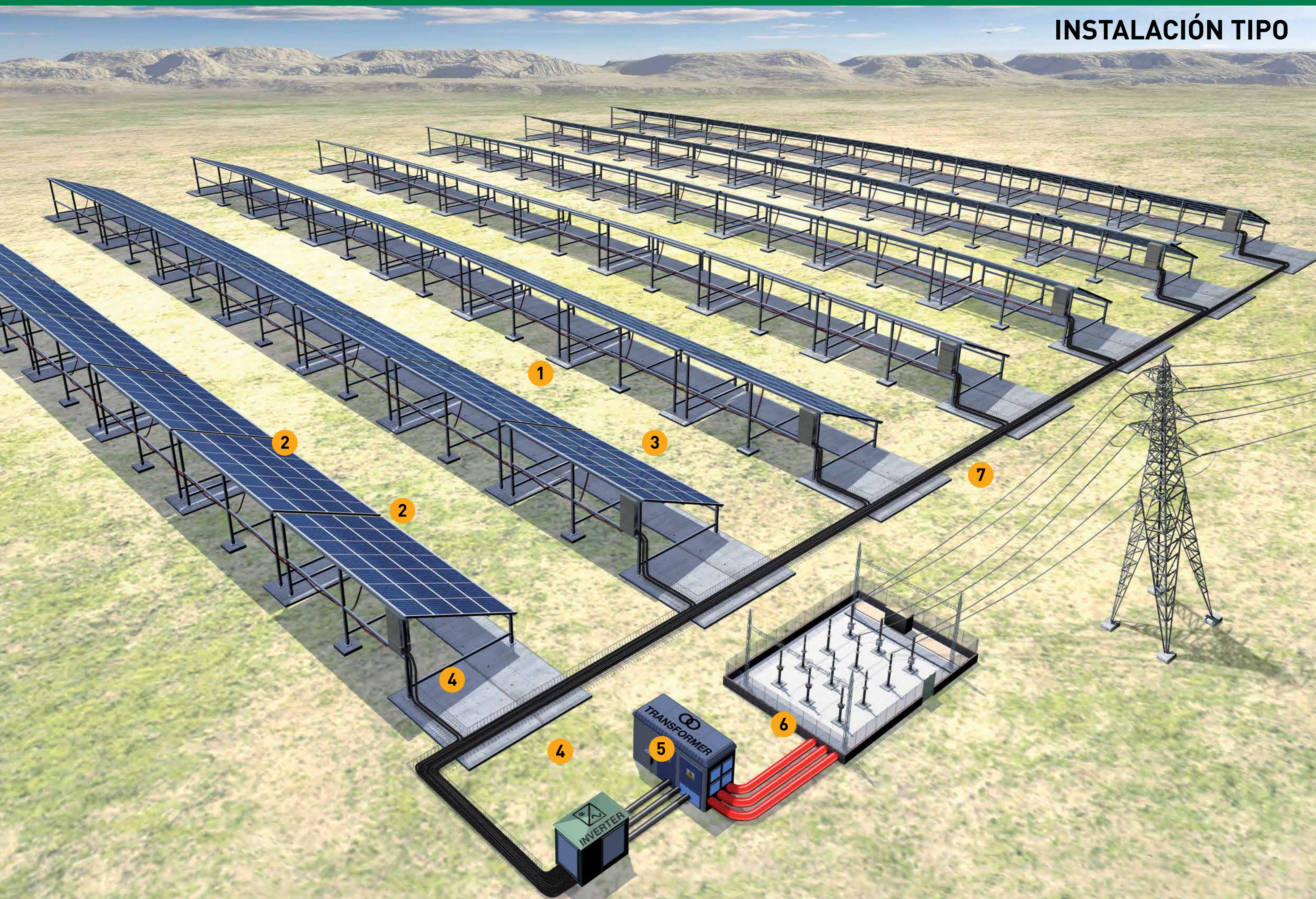
BAJA OPACIDAD DE HUMOS  
IEC 61034-2



NO PROPAGADOR DEL INCENDIO  
IEC 60332-1-2

(1) Hasta 20.000 horas de funcionamiento (IEC 60216-1)

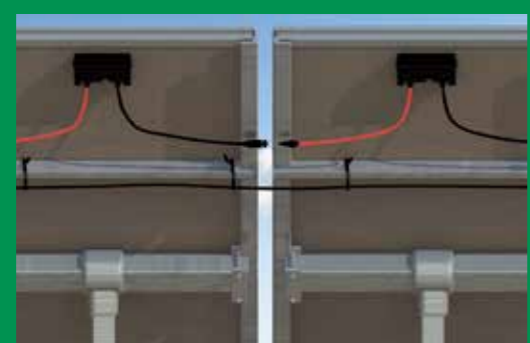




**1** Sistema de conexión rápida

**exZellent** clickconnect

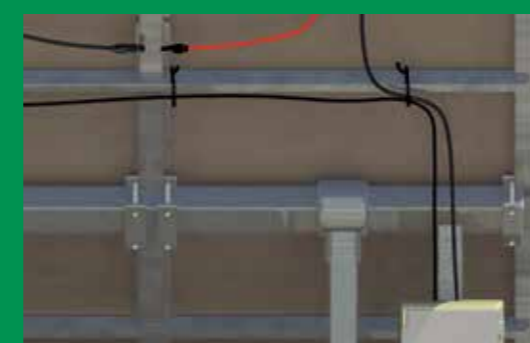
Tipo MC4 • Int. Máx. 40A DC  
 • Resistencia de contacto < 1mΩ  
 • -40°C a 105°C IP68 • Secciones de 2,5 a 10 mm<sup>2</sup> • Longitudes personalizadas



**2** Conexión entre placas y paneles fotovoltaicos

**exZellent** SOLAR ZZ-F (PV1-F)  
 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

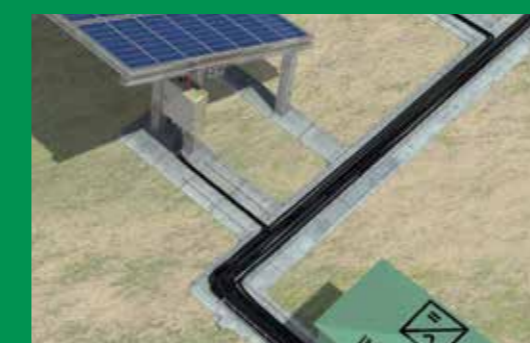
Secciones habituales desde 1x2,5 hasta 1x35 mm<sup>2</sup> • Por petición expresa de cliente hasta 240 mm<sup>2</sup> • Certificado TÜV



**3** Instalación BT DC entre paneles y cajas de conexión

**exZellent** SOLAR ZZ-F (PV1-F)  
 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

Secciones habituales desde 1x2,5 hasta 1x35 mm<sup>2</sup> • Por petición expresa de cliente hasta 240 mm<sup>2</sup> • Certificado TÜV



**4** Instalación BT DC entre las cajas de conexiones y el inversor

**energy** RV-K F03  
 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC  
**HARMOHNY XZ1 Al (S)**  
 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

Secciones habituales desde 1x16 hasta 1x300 mm<sup>2</sup>



**5** Instalación BT AC hasta el transformador

**energy** RV-K F03  
 0.6/1 kV AC  
**HARMOHNY XZ1 Al (S)**  
 0.6/1 kV AC

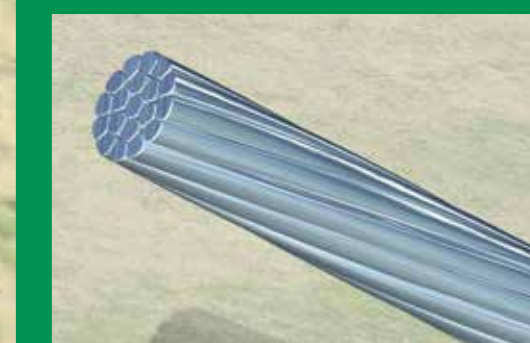
Secciones habituales desde 1x16 hasta 1x300 mm<sup>2</sup>



**6** Cables para el circuito de MT

Cables aislados MT XLPE o EPR

Cable recomendado de MT hasta 30 kV • Cables de AT desde 45 kV hasta 400 kV en líneas subterráneas o aéreas • Cable con armadura bajo pedido



**7** Cables para líneas aéreas

Conductores aéreos desnudos ACSR

Según norma UNE-EN 50182 • Cables de AT desde 45 kV hasta 400 kV • Secciones desde 30 mm<sup>2</sup> hasta 635 mm<sup>2</sup>



## INTERNACIONAL

### ALEMANIA

Tel.: +49 69 9593 2430  
 info@generalcable-de.com

### ANGOLA

Tel.: +24 491 765 17 07  
 gcondel@condel-ao.com

### ARGELIA

Tel.: +213 21 92 70 47/48  
 info@enicab.dz

### ARGENTINA

Tel.: +54 11 4760 6088  
 info@generalcable-ar.com

### EGIPTO

Tel.: +202 22 580 201  
 info@generalcable-eg.com

### EMIRATOS ÁRABES UNIDOS

Tel.: +971 2 6434666  
 ogp@generalcable.es

### FRANCIA

Tel.: +33 (0)1 60 57 30 00  
 info@generalcable-fr.com

### ITALIA

Tel.: +39 02 660 49494  
 info@generalcable-it.com

### MARRUECOS

Tel.: +212 522 86 53 00  
 info@generalcable-ma.com

### NORUEGA

Tel.: +47 64 95 59 00  
 firmapost@generalcable.no

### PORTUGAL

Tel.: +351 219 678 500  
 info@generalcable.pt

### REINO UNIDO

Tel.: +44 153 651 6860  
 info@generalcable.co.uk

### RUMANIA

Tel.: +40 311 011 405  
 info@generalcable.ro

### RUSIA

Tel.: +7 495 617 00 05  
 info@generalcable-ru.com

## AGENCIAS COMERCIALES EN ESPAÑA

### ANDALUCÍA

Almería-Cádiz-Córdoba-Granada-  
 Huelva-Jaén-Sevilla  
 Tel.: +34 902 239 180 / +34 93 227 96 43  
 Fax: +34 902 500 881 / +34 93 227 97 33  
 delegacionandalucia@generalcable.es

### Málaga

Móv.: +34 626 01 49 18  
 Fax: +34 95 225 99 12  
 delegacionandalucia@generalcable.es

### CANARIAS

C/ Ángel Guerra, 23 - 1º  
 35003 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
 Tel.: +34 92 836 11 57 / +34 92 836 66 25  
 Fax: +34 928 36 44 73  
 info@emgg.es

### CENTRO

Ávila-Badajoz-Cáceres-Ciudad Real-  
 Guadalajara-Madrid-Segovia-Toledo  
 Avda. Ciudad de Barcelona, 81 A, 4º B  
 28007 MADRID  
 Tel.: +34 91 309 66 20  
 Fax: +34 91 309 66 30  
 delegacioncentro@generalcable.es

### Burgos-León-Palencia-Salamanca- Valladolid-Zamora

Móv.: +34 609 15 45 94  
 Fax: +34 983 24 96 32  
 delegacioncentro@generalcable.es

### LEVANTE

Albacete-Comunidad Valenciana-  
 Cuenca-Murcia  
 Tel.: +34 902 239 181 / +34 93 227 96 59  
 Fax: +34 93 227 97 33  
 delegacionlevante@generalcable.es

### NORDESTE

Andorra-Aragón-Baleares-Cataluña  
 C/ Casanova, 150  
 08036 BARCELONA  
 Tel.: +34 93 467 85 78  
 Fax: +34 93 467 46 97  
 delegacionnordeste@generalcable.es

### NORTE

Álava-Asturias-Cantabria-Coruña-  
 Lugo-Ourense-Pontevedra-Vizcaya  
 C/ Juan de Ajuriaguerra, 26  
 48009 BILBAO  
 Tel.: +34 94 424 51 76  
 Fax: +34 94 423 06 67  
 delegacionnorte@generalcable.es



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Planos**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

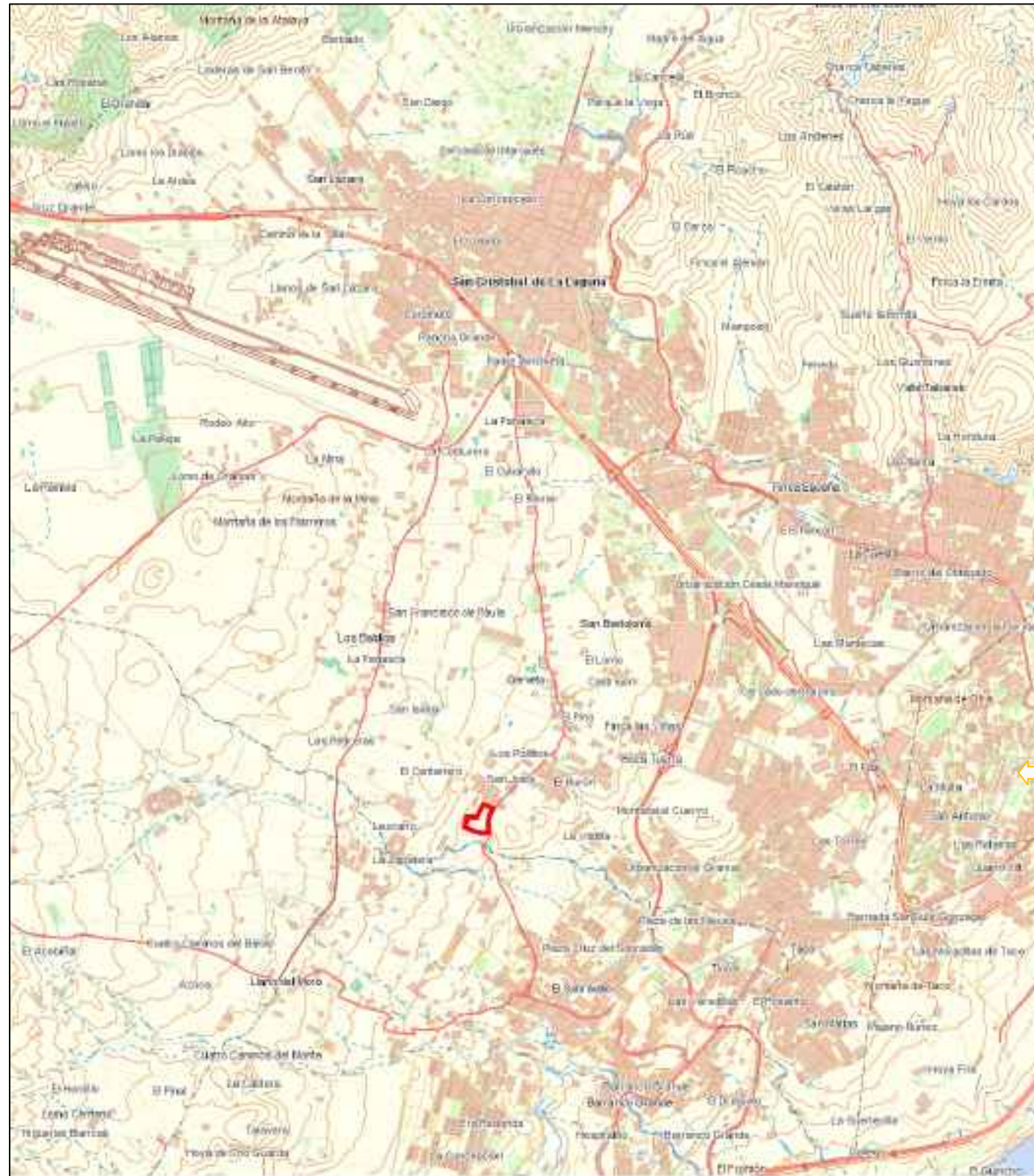
Julio 2016



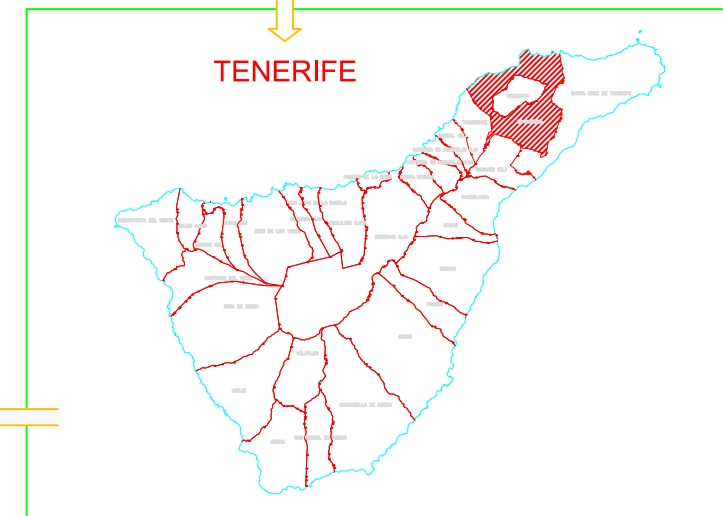
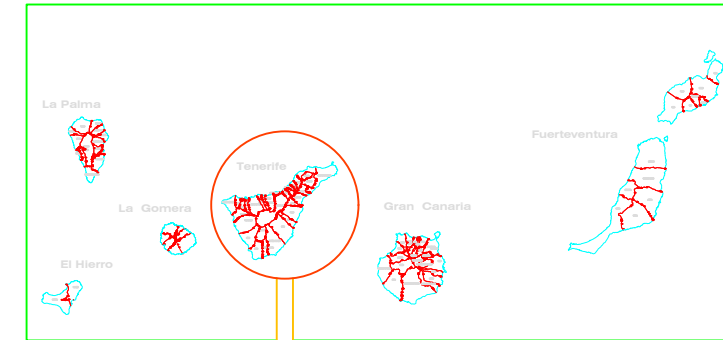
## **Índice**

- 1.- Plano de situación**
- 2.- Plano de emplazamiento**
- 3.- Alzado lateral**
- 4.- Cubierta**
- 5.- Detalle paneles fotovoltaicos**
- 6.- Detalle paneles térmicos**
- 7.- Detalle zanja y pica de tierra**
- 8.- Distribución de la caseta de inversores**
- 9.- Detalle esquema unifilar**





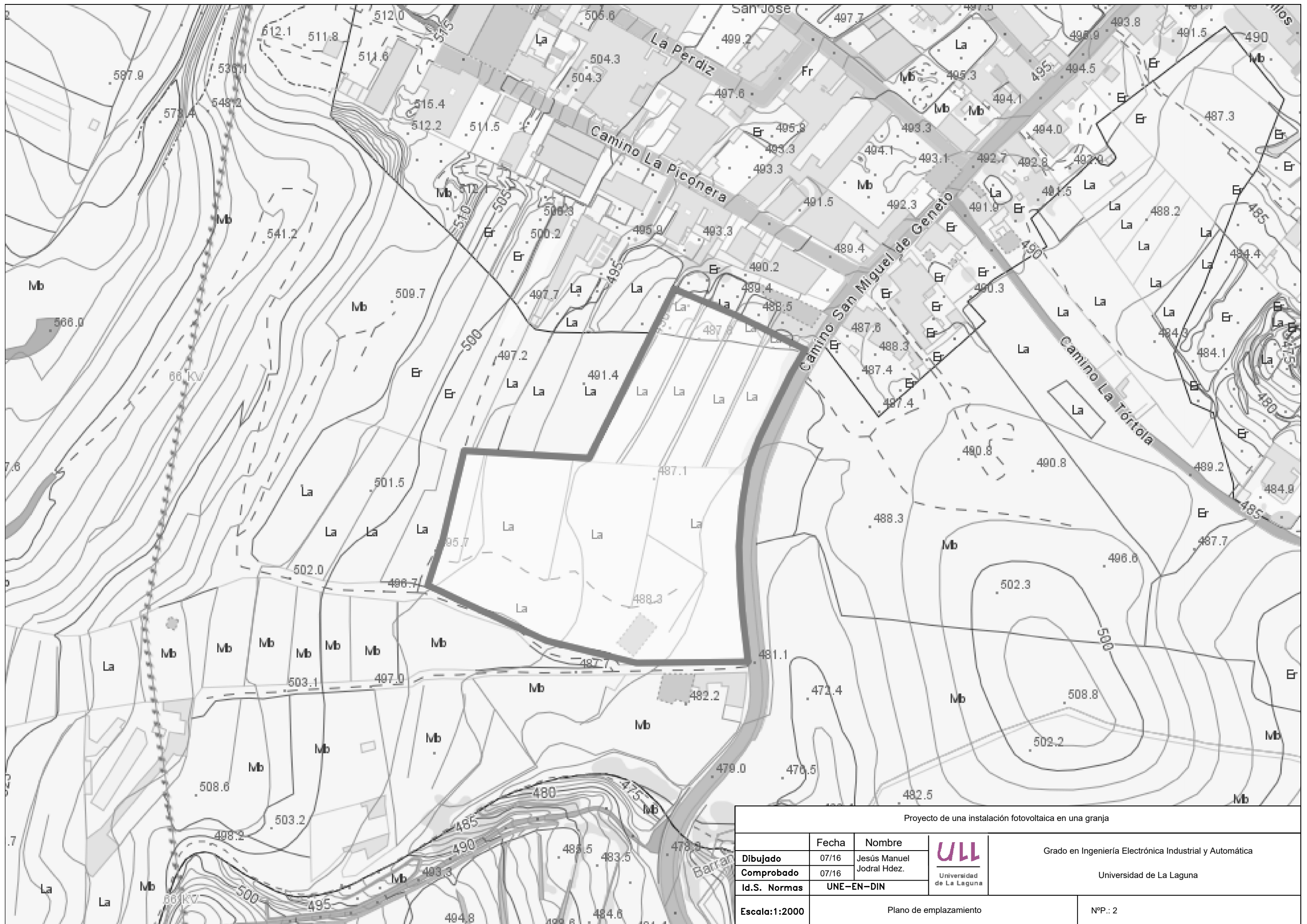
SITUACIÓN : Escala 1:38.000




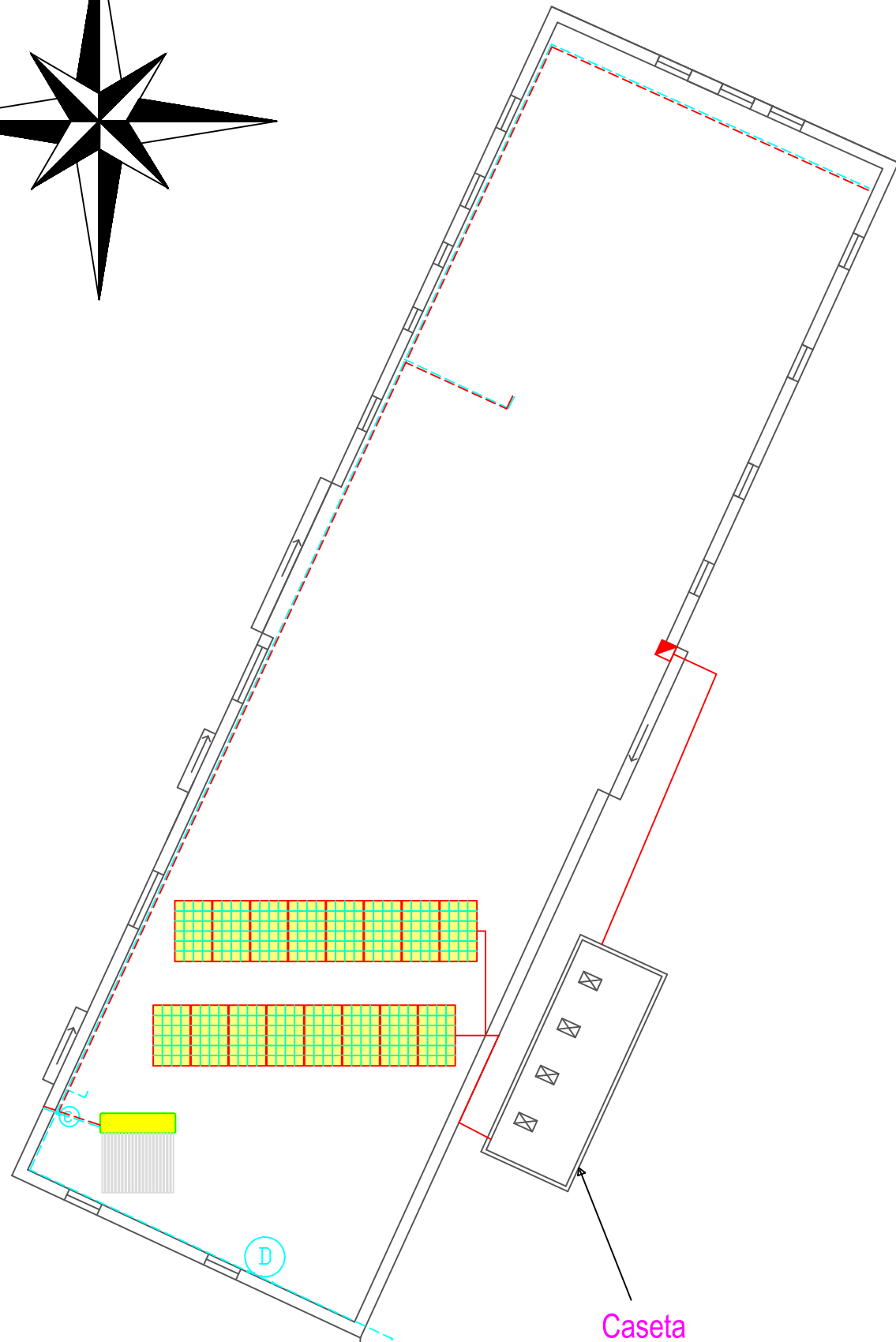
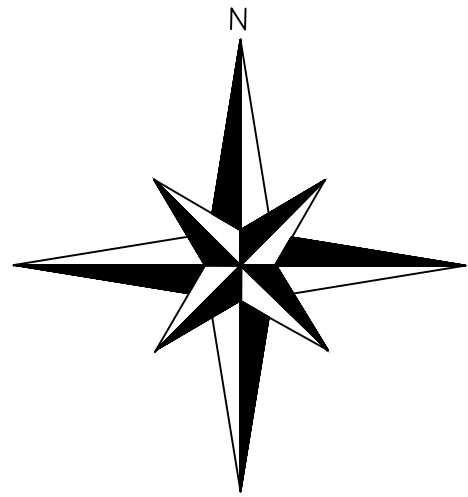
T.M. SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA

Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja				
	Fecha	Nombre	 Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna	
Dibujado	07/16	Jesús Manuel		
Comprobado	07/16	Jodral Hdez.		
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN			
Escala:	Plano de situación			NºP: 1





Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja			
	Fecha	Nombre	 Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
<b>Dibujado</b>	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.	
<b>Comprobado</b>	07/16		
<b>Id.S. Normas</b>	UNE-EN-DIN		
<b>Escala: 1:2000</b>	Plano de emplazamiento		NºP.: 2

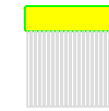


## LEYENDA:

Paneles fotovoltaicos



Panel térmico



Canalizaciones eléctricas



Tuberías



Depósito



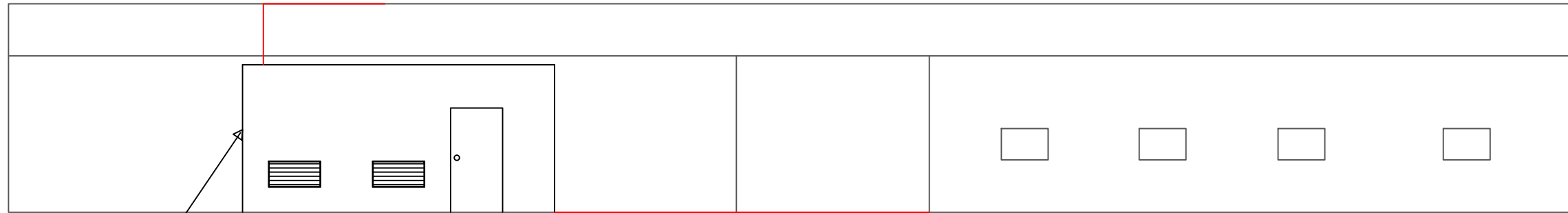
Calentador eléctrico



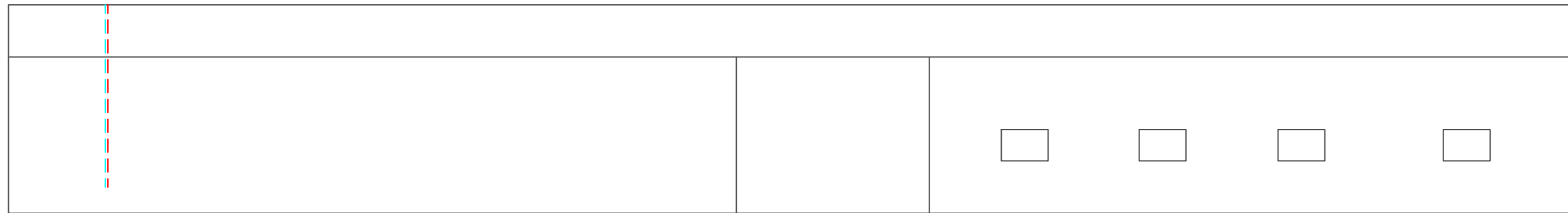
Cuadro General



Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja				
	Fecha	Nombre		Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.		Universidad de La Laguna
Comprobado	07/16			
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN			Universidad de La Laguna
Escala:1:150	Plano de la cubierta			NºP: 3



Caseta



LEYENDA:

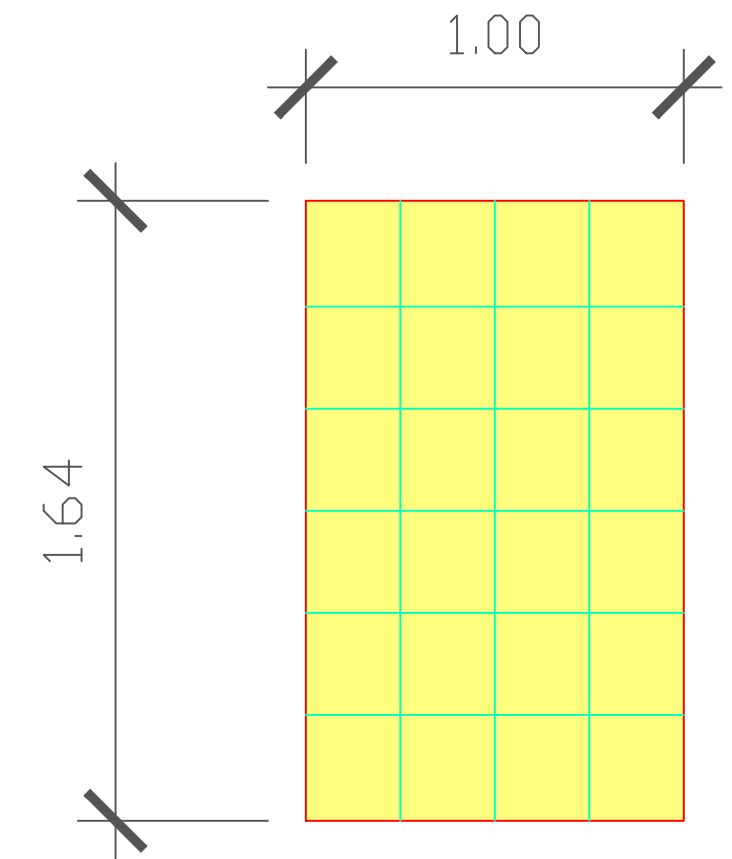
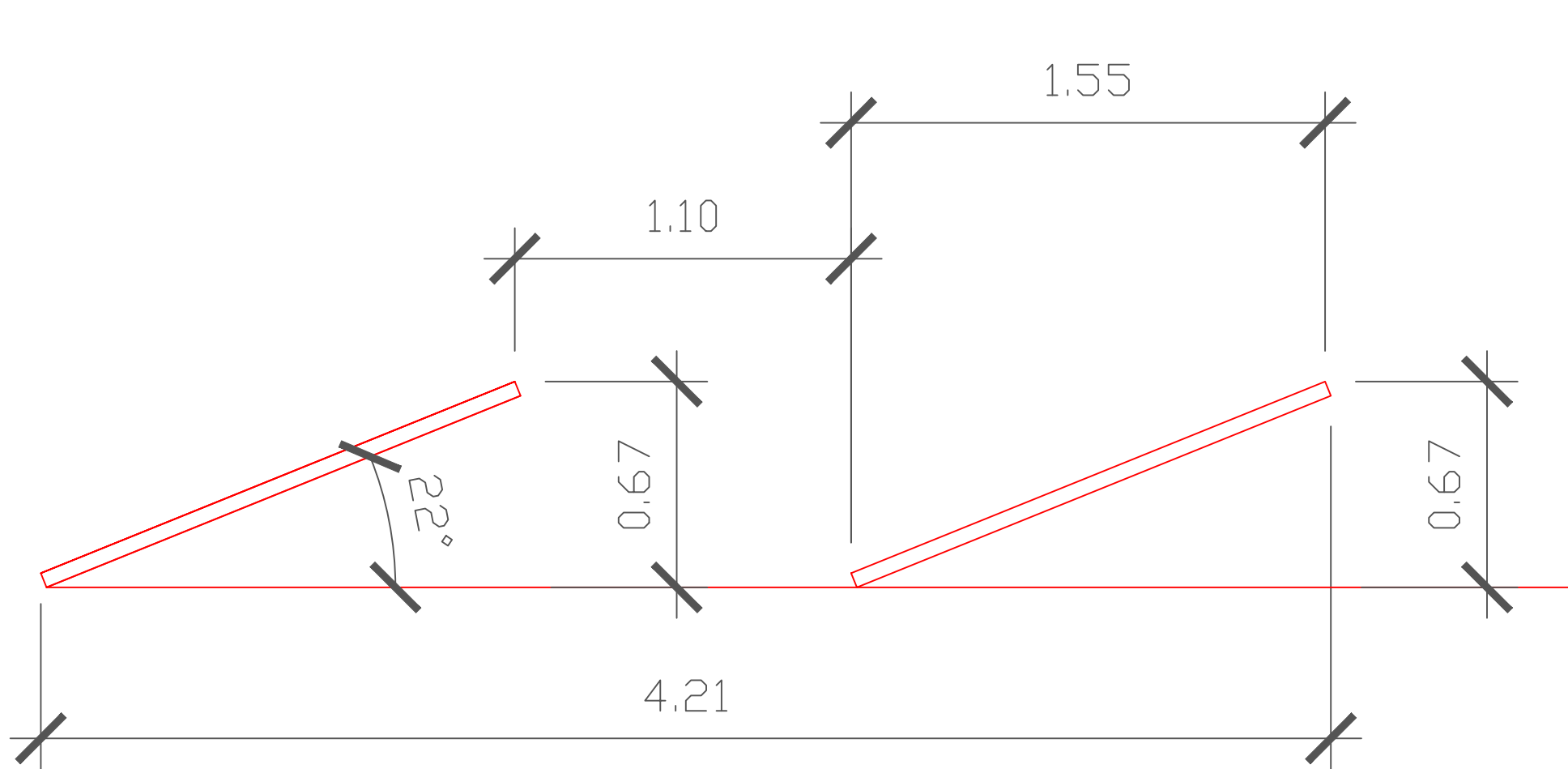
Canalizaciones eléctricas



Tuberías

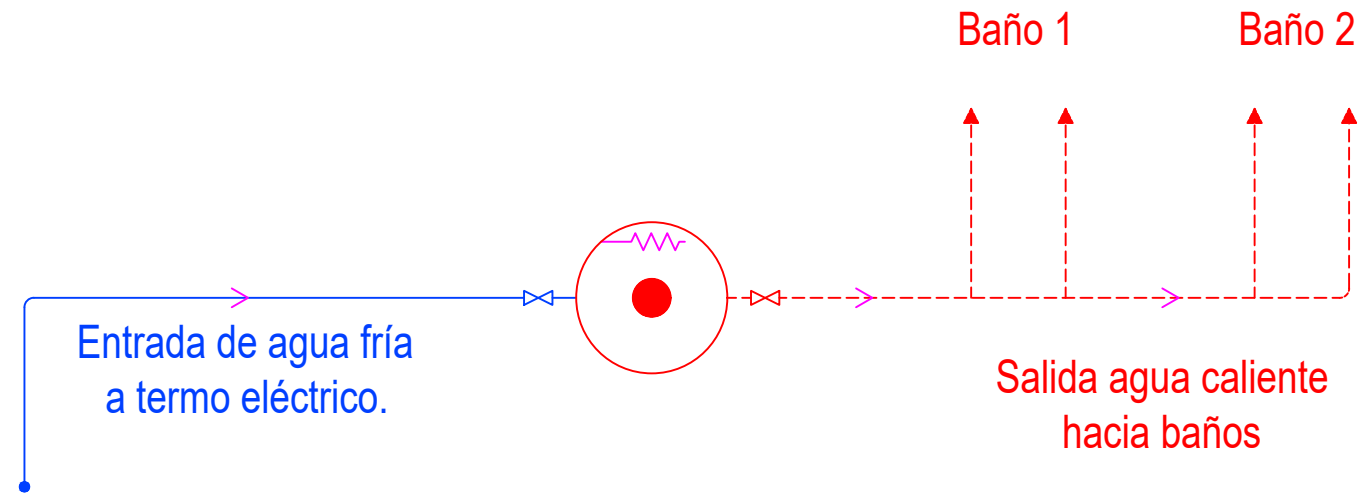


Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja				
	Fecha	Nombre		Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.		
Comprobado	07/16			
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN			
Escala:1:100	Alzado lateral			NºP: 4

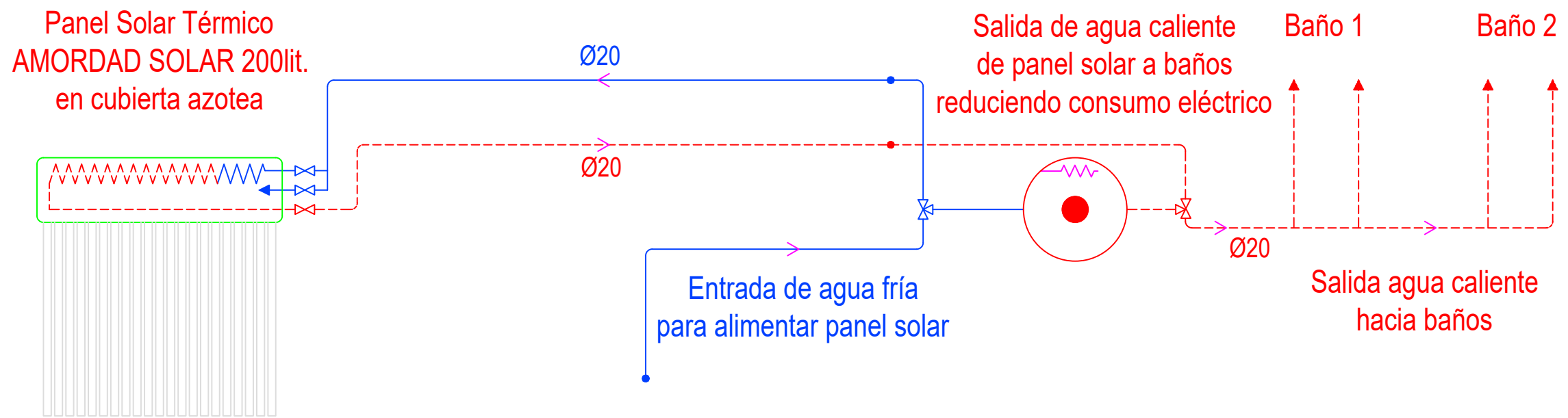


Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja			
	Fecha	Nombre	
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.	 Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Comprobado	07/16		
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN		
Escala:1:20	Plano de detalle de los paneles fotovoltaicos		NºP: 5

## ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN ACTUAL

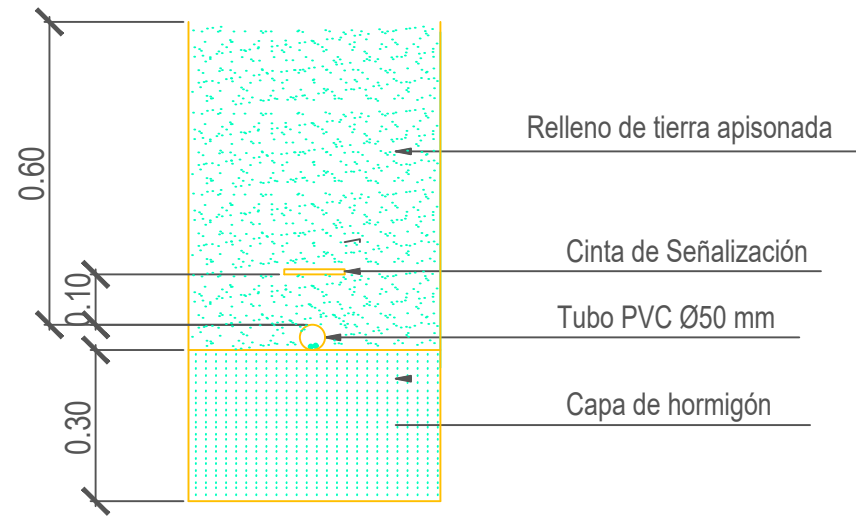


## ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN REFORMADA

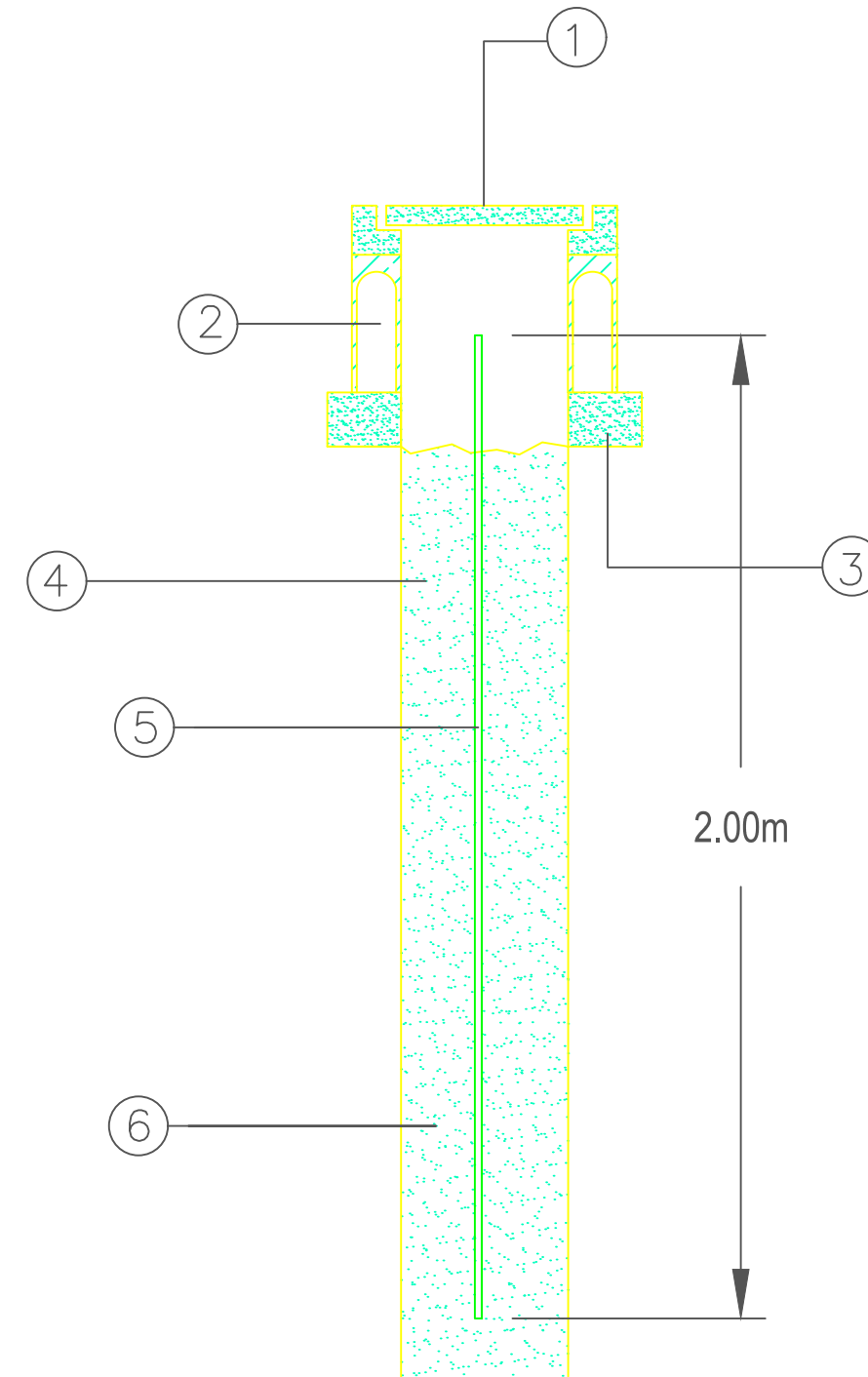


Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja			
Dibujado	Fecha	Nombre	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Comprobado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.	
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN		
Escala:	Plano de detalle de los paneles térmicos		NºP.: 6

**DETALLE DE ZANJA**



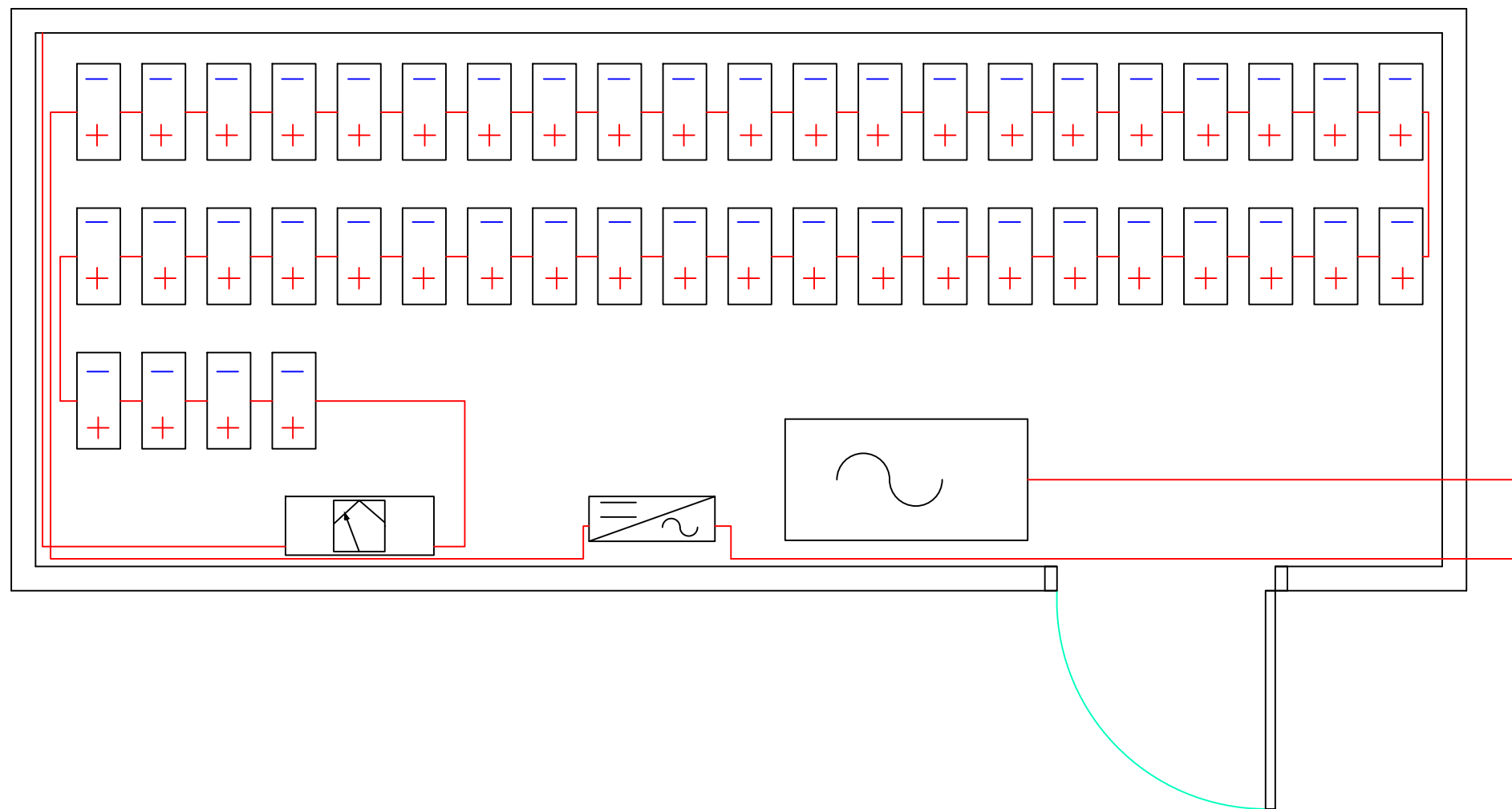
**DETALLE PICA DE TIERRA**



**LEYENDA:**

- 1 TAPA DE HORMIGÓN ARMADO
- 2 BLOQUE DE HORMIGÓN VIBRADO
- 3 CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN EN MASA
- 4 SOLDADURA DE COBRE DE ALTO PODER DE FUSIÓN
- 5 ELECTRODO DE COBRE. Ø= 14mm<sup>2</sup> Longitud 2,00m.
- 6 RELLENO DE TIERRAS

Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja				
	Fecha	Nombre		Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.		Universidad de La Laguna
Comprobado	07/16			
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN			
Escala:1:15	Plano de detalle de la zanja y pica de tierra			NºP: 7



## LEYENDA:

Canalizaciones eléctricas

---

Regulador de carga



Inversor



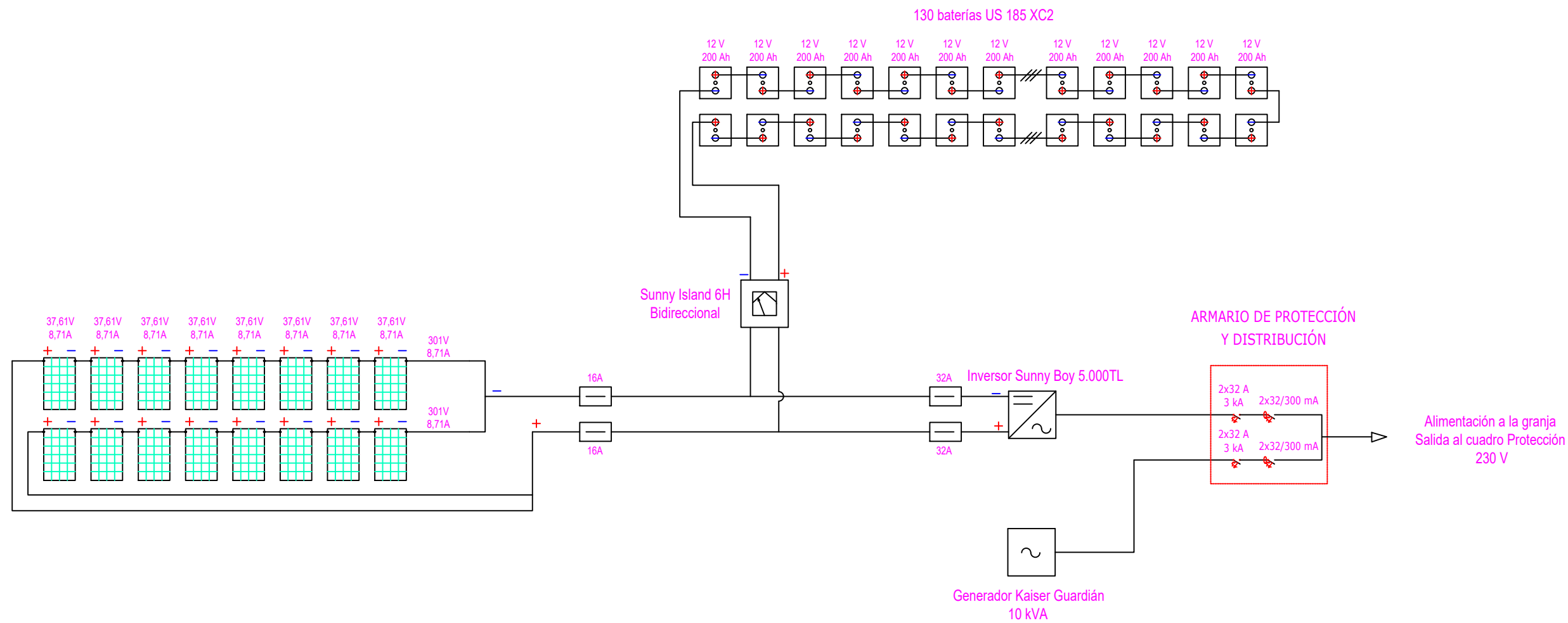
Grupo electrógeno



Baterías (3 niveles)



Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja				
	Fecha	Nombre		Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.		Universidad de La Laguna
Comprobado	07/16			
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN			
Escala: 1:25	Distribución de la caseta de inversores			NºP.: 8



Proyecto de una instalación fotovoltaica en una granja			
	Fecha	Nombre	 Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Dibujado	07/16	Jesús Manuel Jodral Hdez.	
Comprobado	07/16		
Id.S. Normas	UNE-EN-DIN		
Escala:	Plano de detalle del esquema unifilar		NºP.: 9





Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Pliego de condiciones técnicas**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



## Índice

1.- Pliego de condiciones técnicas para la instalación fotovoltaica.....	149
1.1.- Objeto .....	149
1.2.- Condiciones técnicas .....	149
1.2.1.- Obras que se contratan .....	149
1.2.2.- Condiciones generales de ejecución.....	149
1.2.3.- Admisión, reconocimiento y retirada de materiales.....	150
1.2.4.- Materiales de las instalaciones .....	150
1.2.4.2.- Estructura de soporte .....	151
1.2.4.3.- Regulador de carga.....	152
1.2.4.4.- Baterías .....	154
1.2.4.5.- Inversor .....	155
1.2.4.6.- Grupo Electrónico.....	155
1.2.4.7.- Cableado .....	158
1.3.- Normas Generales de Montaje .....	159
1.4.- Puesta en marcha de la instalación.....	159



## **1.- Pliego de condiciones técnicas para la instalación fotovoltaica**

### **1.1.- Objeto**

En este apartado de condiciones técnicas se mostrarán las condiciones mínimas que deberá cumplir la instalación fotovoltaica proyectada en cuanto a suministro y montaje, sirviendo de guía para los instaladores y fabricantes de sus equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir la instalación para asegurar su calidad.

### **1.2.- Condiciones técnicas**

#### **1.2.1.- Obras que se contratan**

Las obras que comprenden la contrata del presente proyecto son las que se especifican en el resto de documentos adjuntos de este proyecto.

En las obras mencionadas, el contratista deberá ejecutar las siguientes labores:

- Todos los transportes necesarios.
- Los suministros de material que se precisen.
- Ejecución de todos los trabajos de montaje de las instalaciones, dejándolas en perfecto estado de funcionamiento.
- Obras complementarias no definidas específicamente y necesarias para la correcta ejecución de las instalaciones proyectadas.
- Medidas de señalización y seguridad necesarias

#### **1.2.2.- Condiciones generales de ejecución**

El contratista estará obligado a facilitar al personal material auxiliar necesario para la perfecta ejecución de las obras.

Las instalaciones se ajustarán a las condiciones establecidas en la Memoria, en los Reglamentos y Normas especificadas anteriormente y, en general, con arreglo a las normas sancionadas por la práctica para la completa y perfecta construcción y montaje, y en particular a las que se dicte la Dirección de Obra.

Todo el equipo debe estar colocado en los espacios asignados en el proyecto y se dejará un espacio razonable de acceso para su entretenimiento y reparación.

El contratista debe verificar el espacio requerido para todo el equipo propuesto, tanto en el caso de que dicho espacio haya sido especificado o no.

Por lo demás, el Director de Obra deberá fijar el orden en que deben llevarse a cabo las obras, y el contratista vendrá obligado a cumplir exactamente lo que disponga sobre este particular.

### **1.2.3.- Admisión, reconocimiento y retirada de materiales**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad, desechándose los que a juicio del Director de Obra no lo sean.

Una vez adjudicada la obra definitivamente, y antes de ejecutarse, el contratista presentará al Director Técnico de la Obra los catálogos, cartas, muestras, etcétera, que estén relacionados con la recepción de los distintos materiales.

No podrán emplearse materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Este control no constituye una recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica aún después de colocados, si no cumplieren con las características y condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por el contratista por otras que cumplan las condiciones exigidas.

En caso de que el contratista no se mostrase conforme con los resultados de ensayo, análisis o pruebas, podrán repetirse las mismas en un laboratorio oficial, siendo de cuenta del contratista si se llega a la conclusión de que los materiales son rechazables, y de cuenta de la Propiedad en caso contrario.

### **1.2.4.- Materiales de las instalaciones**

Se especifican a continuación las condiciones que deben cumplir los distintos materiales empleados en la ejecución del proyecto.

#### 1.2.4.1.- Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico seleccionado ATERSA A-250P GSE deberá satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino y estar cualificado por el CIEMAT, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, y llevarán de forma claramente visible el modelo y nombre o logotipo del fabricante.

Los paneles solares serán distribuidos en filas tal y como se indica en la memoria, para facilitar la conexión de los mismos en serie. Los módulos solares serán montados sobre la estructura soporte pertinente horizontal o verticalmente, según proceda, fijándolos a ésta mediante la tornillería de la que está prevista la estructura. Una vez fijados se inclinarán en el ángulo seleccionado.

Se comprobará que todos los módulos posean diodos de derivación para evitar posibles averías de las células, y que los marcos laterales sean de aluminio.

Antes de la instalación se comprobará que su potencia máxima y corriente de circuito reales referidas a condiciones estándar de medida deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo y se procederá a una inspección para comprobar que no existe ningún módulo con roturas o manchas.

Se debe dejar espacio entre los grupos de módulos para el posterior mantenimiento y reparación. De lo contrario, para llegar a un módulo deberá desmontar antes “medio” generador.

La estructura de soporte para los módulos del generador fotovoltaico estará provista de todos los elementos de sujeción pertinentes para la instalación de los paneles y serán realizados del mismo material que la propia estructura.

#### 1.2.4.2.- Estructura de soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el código técnico de la edificación CTE. El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura. La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

#### 1.2.4.3.- Regulador de carga

Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1 %.
- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de  $-4\text{mV}/^\circ\text{C}$  a  $-5\text{mV}/^\circ\text{C}$  por vaso, y estar en el intervalo de  $\pm 1\%$  del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo.



El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.
- Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal, para sistemas de menos de 1 kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de consumo y corriente en la línea generador-acumulador igual a la corriente máxima especificada para el regulador. Si las caídas de tensión son superiores, por ejemplo, si el regulador incorpora un diodo de bloqueo, se justificará el motivo en la Memoria.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Corriente máxima (A)

- Polaridad de los terminales y conexiones
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

#### 1.2.4.4.- Baterías

Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.

Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor, se justificará adecuadamente.

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60 %.

Se protegerá, especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La capacidad inicial del acumulador será superior al 90 % de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

La autodescarga del acumulador a 20 °C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50 % a 20 °C.

El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente:

- El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

Cada batería deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Polaridad de los terminales
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

#### 1.2.4.5.- Inversor

El inversor será del tipo adecuado para la conexión a la red de baja tensión y su potencia de entrada será variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador le proporcione.

El inversor encargado de la conversión de corriente continua a corriente alterna para la inyección a la red de baja tensión de la potencia producida por el generador fotovoltaico es un dispositivo electrónico sensible que debe estar protegido contra daños externos.

El inversor elegido posee un índice de protección IP65, lo cual indica que está suficientemente protegido frente a elementos atmosféricos adversos como puede ser lluvia, o partículas de polvo. Aun así, se instalará en el interior de una caseta, fuera de humedades excesivas, protegido de la intemperie y sin polvo o suciedad excesiva.

El lugar donde esté alojado deberá estar ventilado para favorecer la refrigeración del equipo y por tanto deberá evitarse la obstrucción de entradas y salidas de ventilación del armario.

El inversor se dispondrán en un cuarto específico para ello. Irán instalados en posición vertical a una distancia de 1 metro del suelo, garantizando así una refrigeración adecuada para conseguir una temperatura de funcionamiento óptima.

#### 1.2.4.6.- Grupo Electrónico

Se seguirá lo dispuesto en las ITC-BT-28 (apartado 2.3) e ITC-BT-40. Así como CTE DB SU-5 (apartado 3.3.2.1).

El Grupo Electrónico tendrá las características que se indican en los documentos del presente proyecto, siendo éstas, al menos, las siguientes:

- Tipo de suministro: (Monofásico, Trifásico con N, Trifásico)
- Servicio:(Aislado, Asistido)
- Tensión: V

- Frecuencia: Hz
- Potencia: KVA
- Autonomía: (tiempo)
- Tipo de régimen de neutro:(TT, IT, otros)

Asimismo el Grupo Electrógeno podrá estar integrado por los siguientes componentes y características:

-Motor: Marca, modelo, Tipo de combustible, Sistema de refrigeración, Sistema de escape, Sistema de lubricación y Sistema de arranque.

-Generador: Marca, modelo, Potencia, Velocidad, Frecuencia, Tensión, Aislamiento. (Clase), Reactancia subtransitoria directa ( $X''_d$ ), Relación de cortocircuito.

-Conjunto Motor-Alternador: Consumo de combustible (100 % carga), Dimensiones y Peso (máximo con depósitos llenos).

-Depósito de combustible: Dimensiones y Ubicación.

-Automatismo: En su caso, descripción del automatismo con indicación de los umbrales y tiempos, así como indicación de las señales necesarias para su correcto funcionamiento.

-Sistemas auxiliares: Cargador de baterías (tanto para el arranque del motor como para el mantenimiento y vigilancia de la red) y Sistemas de alarma y protecciones del grupo.

-Cuadro eléctrico: Con sus correspondientes protecciones de salida del generador.

En la conmutación en Baja Tensión del grupo electrógeno, se dispondrán los correspondientes enclavamientos reglamentarios, para evitar posibles retornos de corriente a la red de la Empresa Suministradora, tal como se indica en la Orden de 19 de agosto de 1997, por la que se aprueba la Norma Particular para Centros de Transformación de hasta 30 kV, en el ámbito de suministro de Unión Eléctrica de Canarias, S.A.

Los locales donde se ubiquen estos equipos deberán cumplir con lo establecido en la ITC-BT-30.

Las instalación de Grupos Electrógenos será ejecutada por instaladores eléctricos autorizados, para el ejercicio de esta actividad, según DECRETO 141/2009 y deberán realizarse conforme a lo que establece el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y a la reglamentación vigente, cumpliéndose además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Como regla general, todas las obras se ejecutarán con materiales de calidad reconocida y cualquier modificación en cuanto a formas, sistemas de protección, puesta a tierra, medidas, número de aparatos, calidad, etc., sólo podrá realizarse previa autorización por escrito de la Dirección Facultativa de la obra.

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación del Grupo Electrónico coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa.

El montaje será realizado de acuerdo con los planos de instalación no admitiéndose variaciones en medidas, número de aparatos o calidad de los mismos sin una previa justificación por parte del Contratista y la aprobación de la Dirección Facultativa de la obra.

La Dirección Facultativa rechazará todas aquellas partes del montaje que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora autorizada o Contratista a sustituirlas a su cargo.

Antes de la instalación, el Contratista presentará a la Dirección Facultativa los catálogos, muestras, etc., que se precisen para la recepción de los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por ésta.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se ordenen por la Dirección Facultativa de la obra aunque no estén indicadas en este Pliego, los cuales se ejecutarán en los laboratorios que elija la Dirección, siendo los gastos ocasionados por cuenta de la Contrata.

Este control previo no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Facultativa de la obra, aún después de colocado, si no cumpliera con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por la contrata por otros que cumplan con las calidades exigidas.

Una vez iniciadas las obras, éstas deberán continuarse sin interrupción y ejecutadas en el plazo estipulado.

Se cumplirán siempre todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

#### 1.2.4.7.- Cableado

Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.

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.

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.

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.

Para conocer la legislación vigente, dirigirse al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### 1.2.4.8.- Protecciones y puesta a tierra

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

#### 1.2.4.9.- Canalizaciones

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección. Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios.

El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres.

Todo el material auxiliar, codos, mangueras de conexión y derivación, etc. Que utilicen las instalaciones con tubo rígido tendrán las mismas características exigidas para los tubos. Las roscas estarán perfectamente acabadas y la unión se hará sin utilizar estopa, sino sello ardiente, asegurando la completa estanqueidad de toda la instalación.

### **1.3.- Normas Generales de Montaje**

Las instalaciones se realizarán siguiendo las prácticas normales para obtener un buen funcionamiento, por lo que se respetarán las especificaciones e instrucciones de las empresas suministradoras.

El montaje de la instalación se realizará ajustándose a las indicaciones y planos del proyecto.

Cuando en la obra sea necesario hacer modificaciones en estos planos o condiciones previstas o sustituir por otros los aparatos aprobados, se solicitará permiso a la Dirección Facultativa.

En todos los equipos se dispondrán las protecciones pertinentes para evitar accidentes. En aquellas partes móviles de las máquinas y motores se dispondrán envolventes o rejillas metálicas de protección.

Durante el proceso de instalación se protegerán debidamente todos los aparatos, colocándose tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertas durante algún tiempo.

Una vez finalizado el montaje se procederá a la limpieza total de los tubos tanto exterior como interiormente.

### **1.4.- Puesta en marcha de la instalación**

La instalación eléctrica se entenderá terminada cuando se haya puesto en marcha y probado en cargo real, es decir, alimentando los equipos mecánicos de alumbrado, maquinaria y otros dispositivos proyectados. Esta condición incluye específicamente el realizar las pruebas

de puesta en marcha por vez primera no solo del alumbrado y equipos de responsabilidad y suministro 100% del instalador electricista, sino también de los motores y equipos de otros instaladores que precisen energía de la red eléctrica. En tales equipos la puesta en marcha se hará conjuntamente con los instaladores, sin cargo alguno para la propiedad de la obra, hasta dejar los equipos funcionando satisfactoriamente con los fusibles y relés ajustados correctamente y las luces de señalización e indicadores mecánicos en orden.





Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Mediciones**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.01 Fontanería</b>					
<b>P101</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación de Codos</b>			
M1011	1,000 m	Codo		1,95	1,95
M1012	0,250 h	Fontanero		20,00	5,00
M1013	0,250 h	Oficial de primera		25,00	6,25
Suma la partida .....					13,20
Costes indirectos .....					10,00% 1,32
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>14,52</b>
<b>P102</b>	<b>m</b>	<b>Instalación de tubería</b>			
M1021	1,000 m	Tubería		1,60	1,60
M1022	0,150 h	Fontanero		20,00	3,00
M1023	0,150 h	Oficial de primera		25,00	3,75
Suma la partida .....					8,35
Costes indirectos .....					10,00% 0,84
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>9,19</b>
<b>P103</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación T</b>			
M1031	1,000 ud	TE		2,25	2,25
M1032	1,500 h	Fontanero		20,00	30,00
M1033	1,500 h	Oficial de primera		25,00	37,50
Suma la partida .....					69,75
Costes indirectos .....					10,00% 6,98
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>76,73</b>
<b>P104</b>	<b>ud</b>	<b>Válvula de bola</b>			
M1041	1,000 ud	Válvula		1,80	1,80
M1042	0,250 h	Fontanero		20,00	5,00
M1043	0,250 h	Oficial de primera		25,00	6,25
Suma la partida .....					13,05
Costes indirectos .....					10,00% 1,31
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>14,36</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.02 Cableado</b>					
M2011	ml	Exzhellent solar ZZ-F (PV1-F TÜV). Sección 2,5mm <sup>2</sup>			
		Sin descomposición			1,32
		Costes indirectos .....	10,00%		0,13
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1,45</b>
M2012	ml	Energy RV-K FOC. Sección 2,5mm <sup>2</sup>			
		Sin descomposición			0,99
		Costes indirectos .....	10,00%		0,10
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1,09</b>
M2013	ml	Harmony XZ1 A1(S). Sección 6mm <sup>2</sup>			
		Sin descomposición			1,30
		Costes indirectos .....	10,00%		0,13
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1,43</b>
M2014	ml	Tubo blindado gris de PVC rígido para canalizaciones. 12 mm			
		Sin descomposición			1,20
		Costes indirectos .....	10,00%		0,12
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1,32</b>
M2015	ml	Tubo flexible de PVC para canalizaciones enterradas. 50mm			
		Sin descomposición			1,50
		Costes indirectos .....	10,00%		0,15
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1,65</b>
M2016	ud	Pica de cobre de 2m			
		Sin descomposición			14,90
		Costes indirectos .....	10,00%		1,49
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>16,39</b>
M2017	h	Electricista			
		Sin descomposición			20,00
		Costes indirectos .....	10,00%		2,00
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>22,00</b>
M2018	h	Oficial de primera			
		Sin descomposición			25,00
		Costes indirectos .....	10,00%		2,50
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>27,50</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.03 Paneles fotovoltaicos</b>					
M3011	ud	A-250P GSE de Atresa			
			Sin descomposición		275,00
			Costes indirectos .....	10,00%	27,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>302,50</b>
M3012	ud	Soporte para paneles verticales			
			Sin descomposición		61,78
			Costes indirectos .....	10,00%	6,18
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>67,96</b>
M3013	h	Electricista			
			Sin descomposición		20,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,00
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>22,00</b>
M3014	h	Oficial de primera			
			Sin descomposición		25,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>27,50</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.04 Paneles térmicos</b>					
<b>M4401</b>	<b>ud</b>	<b>AM-Termosol 200L</b>			
			Sin descomposición		984,00
			Costes indirectos .....	10,00%	98,40
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>1.082,40</b>
<b>M4402</b>	<b>h</b>	<b>Fontanero</b>			
			Sin descomposición		20,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,00
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>22,00</b>
<b>M4403</b>	<b>h</b>	<b>Oficial de primera</b>			
			Sin descomposición		25,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>27,50</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C0.5 Caseta</b>					
M5011	ud	CMT Solar 6000			
			Sin descomposición		359,00
			Costes indirectos .....	10,00%	35,90
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>394,90</b>
M5012	h	Peón			
			Sin descomposición		15,00
			Costes indirectos .....	10,00%	1,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>16,50</b>
M5013	h	Oficial de primera			
			Sin descomposición		25,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>27,50</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.06 Kit fotovoltaico</b>					
<b>P601</b>	<b>ud</b>	<b>Inversor</b>			
M6011	1,000 ud	Sunny Boy 5000TL		2.484,70	2.484,70
M6012	0,500 h	Electricista		20,00	10,00
M6013	0,500 h	Oficial de primera		25,00	12,50
				Suma la partida .....	2.507,20
				Costes indirectos .....	10,00% 250,72
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>2.757,92</b>
<b>P602</b>	<b>ud</b>	<b>Regulador de carga</b>			
M6021	1,000 ud	Sunny Island 6.0H		5.091,30	5.091,30
M6022	0,500 h	Electricista		20,00	10,00
M6023	0,500 h	Oficial de primera		25,00	12,50
				Suma la partida .....	5.113,80
				Costes indirectos .....	10,00% 511,38
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>5.625,18</b>
<b>P603</b>	<b>ud</b>	<b>Baterías</b>			
M6031	1,000 ud	US 185 XC2		309,00	309,00
M6032	1,000 h	Electricista		20,00	20,00
M6033	1,000 h	Oficial de primera		25,00	25,00
				Suma la partida .....	354,00
				Costes indirectos .....	10,00% 35,40
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>389,40</b>



CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.07 Protecciones</b>					
M7011	ud	Caja de protección ARF1 de CAHORS			
			Sin descomposición		687,00
			Costes indirectos .....	10,00%	68,70
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>755,70</b>
M7012	ud	Fusible cilíndrico de 10x38 mm. I = 16A. V = 400 V			
			Sin descomposición		128,00
			Costes indirectos .....	10,00%	12,80
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>140,80</b>
M7013	ud	Fusible cilíndrico de 10x38 mm. I = 32 A. V = 400 V			
			Sin descomposición		136,00
			Costes indirectos .....	10,00%	13,60
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>149,60</b>
M7014	ud	Interruptor de maniobra de 20 A y 400 V			
			Sin descomposición		45,43
			Costes indirectos .....	10,00%	4,54
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>49,97</b>
M7015	ud	Magnetotérmico de 32 A. Poder de corte de 3 kA			
			Sin descomposición		43,34
			Costes indirectos .....	10,00%	4,33
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>47,67</b>
M7016	ud	Diferencial bipolar de 32 A. Sensibilidad 300 mA			
			Sin descomposición		154,90
			Costes indirectos .....	10,00%	15,49
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>170,39</b>
M7017	h	Electricista			
			Sin descomposición		20,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,00
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>22,00</b>
M7018	h	Oficial de primera			
			Sin descomposición		25,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>27,50</b>

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.08 Grupo Electrónico</b>					
<b>M8011</b>	<b>ud</b>	<b>Generador Kaiser Guardián 10kVA Monofásico</b>			
			Sin descomposición		2.820,84
			Costes indirectos .....	10,00%	282,08
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>3.102,92</b>
<b>M8012</b>	<b>h</b>	<b>Electricista</b>			
			Sin descomposición		20,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,00
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>22,00</b>
<b>M8013</b>	<b>h</b>	<b>Oficial de primera</b>			
			Sin descomposición		25,00
			Costes indirectos .....	10,00%	2,50
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>27,50</b>



Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **Título**

Instalación fotovoltaica en una granja

## **Presupuesto**

### **Autor:**

Jesús Manuel Jodral Hernández

### **Tutor:**

Benjamín J. González Díaz

Julio 2016



CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.01 Fontanería</b>									
P101	ud Instalación de Codos						4,00	14,52	58,08
P102	m Instalación de tubería						15,00	9,19	137,85
P103	ud Instalación T						2,00	76,73	153,46
P104	ud Válvula de bola						2,00	14,36	28,72
<b>TOTAL CAPÍTULO C.01 Fontanería .....</b>									<b>378,11</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.02 Cableado</b>									
M2011	ml Exzhellent solar ZZ-F (PV1-F TÜV). Sección 2,5mm <sup>2</sup>						8,50	1,45	12,33
M2012	ml Energy RV-K FOC. Sección 2,5mm <sup>2</sup>						20,00	1,09	21,80
M2013	ml Harmony XZ1 A1(S). Sección 6mm <sup>2</sup>						30,00	1,43	42,90
M2014	ml Tubo blindado gris de PVC rígido para canalizaciones. 12 mm						35,00	1,32	46,20
M2015	ml Tubo flexible de PVC para canalizaciones enterradas. 50mm						15,00	1,65	24,75
M2016	ud Pica de cobre de 2m						1,00	16,39	16,39
M2017	h Electricista						8,00	22,00	176,00
M2018	h Oficial de primera						8,00	27,50	220,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C.02 Cableado.....</b>									<b>560,37</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.03 Paneles fotovoltaicos</b>									
M3011	ud A-250P GSE de Atresa								
							16,00	302,50	4.840,00
M3012	ud Soporte para paneles verticales								
							16,00	67,96	1.087,36
M3013	h Electricista								
							12,00	22,00	264,00
M3014	h Oficial de primera								
							12,00	27,50	330,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C.03 Paneles fotovoltaicos .....</b>									<b>6.521,36</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.04 Paneles térmicos</b>									
M4401	ud AM-Termosol 200L								
							1,00	1.082,40	1.082,40
M4402	h Fontanero								
							1,50	22,00	33,00
M4403	h Oficial de primera								
							1,50	27,50	41,25
<b>TOTAL CAPÍTULO C.04 Paneles térmicos.....</b>									<b>1.156,65</b>



CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C0.5 Caseta</b>									
M5011	ud CMT Solar 6000								
							1,00	394,90	394,90
M5012	h Peón								
							2,00	16,50	33,00
M5013	h Oficial de primera								
							2,00	27,50	55,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C0.5 Caseta.....</b>									<b>482,90</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.06 Kit fotovoltaico</b>									
<b>P601</b>	<b>ud Inversor</b> Sunny Boy 5000TL								
							1,00	2.757,92	2.757,92
<b>P602</b>	<b>ud Regulador de carga</b> Sunny Island 6.0H								
							1,00	5.625,18	5.625,18
<b>P603</b>	<b>ud Baterías</b> US 185 XC2								
							130,00	389,40	50.622,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C.06 Kit fotovoltaico.....</b>									<b>59.005,10</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.07 Protecciones</b>									
M7011	ud Caja de protección ARF1 de CAHORS								
							2,00	755,70	1.511,40
M7012	ud Fusible cilíndrico de 10x38 mm. I = 16A. V = 400 V								
							2,00	140,80	281,60
M7013	ud Fusible cilíndrico de 10x38 mm. I = 32 A. V = 400 V								
							2,00	149,60	299,20
M7014	ud Interruptor de maniobra de 20 A y 400 V								
							2,00	49,97	99,94
M7015	ud Magnetotérmico de 32 A. Poder de corte de 3 kA								
							2,00	47,67	95,34
M7016	ud Diferencial bipolar de 32 A. Sensibilidad 300 mA								
							2,00	170,39	340,78
M7017	h Electricista								
							2,00	22,00	44,00
M7018	h Oficial de primera								
							2,00	27,50	55,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C.07 Protecciones.....</b>									<b>2.727,26</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO C.08 Grupo Electrónico</b>									
M8011	ud Generador Kaiser Guardián 10kVA Monofásico								
							1,00	3.102,92	3.102,92
M8012	h Electricista								
							2,00	22,00	44,00
M8013	h Oficial de primera								
							2,00	27,50	55,00
<b>TOTAL CAPÍTULO C.08 Grupo Electrónico.....</b>									<b>3.201,92</b>
<b>TOTAL .....</b>									<b>74.033,67</b>

## VI.- Presupuesto

Jesús Manuel Jodral Hernández

<b>CAPITULO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>EUROS</b>	<b>%</b>
C.01	Fontanería.....	378,11	0,51
C.02	Cableado.....	560,37	0,76
C.03	Paneles fotovoltaicos .....	6.521,36	8,81
C.04	Paneles térmicos .....	1.156,65	1,56
C.05	Caseta.....	482,90	0,65
C.06	Kit fotovoltaico.....	59.005,10	79,70
C.07	Protecciones.....	2.727,26	3,68
C.08	Grupo Electrógeno.....	3.201,92	4,32
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>74.033,67</b>	
	13,00% Gastos generales.....	9.624,38	
	6,00% Beneficio industrial	4.442,02	
SUMA DE G.G. y B.I.		14.066,40	
	7,00% I.G.I.C.....	6.167,88	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>94.268,95</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>94.268,95</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y CINCO CENTIMOS