

# ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

Grado en Ingeniería Mecánica

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana

**Tutor:** Ernesto Pereda de Pablo

SEPTIEMBRE 2015



**Abstract.**

This project is about the photovoltaic installation on deck of warehouse n.4 of the School of Engineering and Technology of the ULL. It has been decided to dimension the generator depending on the power installed in the warehouse.

The generator will consist of 44 photovoltaic modules which are divided into 22 for each side of the roof. In each roof there will be a string formed by two parallel series string of 11 photovoltaic modules. The chosen PV module module A-315 M with a peak power of 315 W, resulting in a power generator 13,86 kW. For this power generator we have chosen inverter Sunny Tripower 15000 TL.

An important aspect to note is that according to Spanish legislation, currently receives no remuneration to pour surplus energy to the grid.

In the different documents that form the project the solutions adopted regarding the installation, orientation and inclination, etc ... of photovoltaic modules are exposed.



# ULL

---

**Universidad  
de La Laguna**

**Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial**

**Índice General**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería**

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE GENERAL.****Memoria.****0. Hoja de identificación.****1. Objeto** **Pág.1****2. Alcance** **Pág.1-2****3. Antecedentes** **Pág.2-3**3.1. Principios de la energía solar fotovoltaica **Pág.2**3.2. Aplicaciones principales **Pág.2-3****4. Situación y emplazamiento** **Pág.3-4**4.1 Descripción del emplazamiento **Pág.3-4****5. Normas y referencias** **Pág.4-6**5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas **Pág.4-6****6. Definiciones y abreviaturas** **Pág.6-8**6.1 Radiación Solar **Pág.6**6.2 Instalación **Pág.6-7**6.3 Módulos **Pág.7-8**6.4 Integración arquitectónica **Pág.8****7. Requisitos de diseño** **Pág.7-8****8. Análisis de soluciones** **Pág.9-10**

8.1. Colocación de los módulos	<b>Pág.9</b>
8.1.1. Instalación de los módulos	<b>Pág.10</b>
8.2. Inversor	<b>Pág.10</b>
8.3. Módulo fotovoltaico	<b>Pág.10</b>
<b>9. Resultados finales</b>	<b>Pág.10</b>
9.1. Módulo	<b>Pág.10-12</b>
9.2. Inversor	<b>Pág.12-13</b>
9.3. Descripción de la cubierta	<b>Pág.13</b>
9.4 Descripción de los elementos de la instalación eléctrica	<b>Pág.13-15</b>
9.4.1. Cableado	<b>Pág.13-14</b>
9.4.2. Protecciones	<b>Pág.14-15</b>
9.5. Estructura soporte	<b>Pág.15</b>
<b>10. Planificación</b>	<b>Pág.15-17</b>
<b>11. Orden de prioridad de los documentos básicos</b>	<b>Pág.18</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>Pág.18</b>

## **Anexo I.**

<b>1. Introducción</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Estimación del consumo de la nave</b>	<b>Pág. 1</b>
2.1. Nave de práctica	<b>Pág. 1</b>

2.1.1. Iluminación	<b>Pág. 2</b>
2.1.3. Maquinaria	<b>Pág. 2-8</b>
<b>4. Datos de irradiación local</b>	<b>Pág. 8-9</b>
<b>5. Componentes del sistema fotovoltaico</b>	<b>Pág. 10-12</b>
5.1. Tipo de módulo	<b>Pág. 10</b>
5.1.2. Número de módulos	<b>Pág. 10-12</b>
5.3. Inversor	<b>Pág. 12</b>
5.4. Estructura soporte	<b>Pág. 12</b>
<b>6. Cálculo de la energía aportada</b>	<b>Pág. 12-13</b>
<b>7. Rendimiento energético de la instalación</b>	<b>Pág. 13-19</b>
7.1. Cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación	<b>Pág. 14-16</b>
7.2. Cálculo de las pérdidas por sombras	<b>Pág. 16</b>
7.3. La dependencia de la eficiencia con la temperatura	<b>Pág. 16-17</b>
7.4. La eficiencia del cableado	<b>Pág. 17-18</b>
7.5. Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad	<b>Pág. 18</b>
7.6. Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia	<b>Pág. 18</b>
7.7. La eficiencia energética del inversor	<b>Pág.18-19</b>
7.8. Pérdidas por explotación y mantenimiento	<b>Pág. 19</b>
<b>8. Cálculo de la producción anual esperada</b>	<b>Pág. 19-20</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>Pág. 20-21</b>

**Anexo II.**

<b>1. Introducción</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Características eléctricas de los equipos</b>	<b>Pág. 1</b>
2.1. Módulos fotovoltaicos	<b>Pág. 1-2</b>
2.2. Inversor	<b>Pág. 2</b>
<b>3. Cálculo de cableado</b>	<b>Pág. 3-11</b>
3.1. Corriente Continua	<b>Pág. 4</b>
3.1.1. Cadena de módulos – Inversor	<b>Pág. 4</b>
3.2. Corriente Alterna	<b>Pág. 9-11</b>
3.2.1. Inversor –Cuadro de protección CA	<b>Pág. 9-10</b>
3.2.2. Cuadro de protecciones CA-Caja de Protección y Medida (CPM)	<b>Pág. 10-11</b>
<b>4. Tubos y canalizaciones</b>	<b>Pág. 11</b>
<b>5. Protecciones</b>	<b>Pág. 11-14</b>
5.1. Protecciones en corriente continua	<b>Pág. 11-12</b>
5.2. Protecciones en corriente alterna	<b>Pág. 12-14</b>
<b>6. Puesta a tierra</b>	<b>Pág. 14-15</b>
6.2. Conductores de tierra	<b>Pág. 15-16</b>
<b>7. Conexión a la red</b>	<b>Pág. 16</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>Pág. 16</b>

**Anexo III.**

<b>1. Objeto</b>	<b>Pág.1</b>
<b>2. Descripción de la obra</b>	<b>Pág. 1-2</b>
2.1. Trabajos presentes	<b>Pág.1</b>
2.2. Comienzo de las obras	<b>Pág. 1-2</b>
2.3. Mano de obra utilizada	<b>Pág.2</b>
<b>3. Medicina preventiva</b>	<b>Pág. 2</b>
<b>4. Formación en prevención</b>	<b>Pág. 2-3</b>
4.1. Normativa aplicable	<b>Pág. 3</b>
<b>5. Servicios higiénicos.</b>	<b>Pág. 3</b>
<b>6. Sistemas de protección individual</b>	<b>Pág. 3-4</b>
<b>7. Sistemas de protección colectivos</b>	<b>Pág. 4-5</b>
<b>8. Señalización</b>	<b>Pág. 5</b>
<b>9. Medidas preventivas</b>	<b>Pág. 5-12</b>
9.1. Prescripciones de seguridad	<b>Pág. 6</b>
9.1.1. Obligaciones de los trabajadores	<b>Pág. 6</b>
9.2. Trabajos en montaje de índole industrial	<b>Pág. 6-7</b>
9.2.1. Carga y descarga de maquinaria y materiales	<b>Pág. 7</b>
9.2.2. Ubicación de máquinas y materiales	<b>Pág. 7</b>
9.3. Montaje de instalaciones eléctricas	<b>Pág. 7-9</b>

9.3.1. Montaje de soportes y colocación de bandejas	<b>Pág. 7-8</b>
9.3.2. Montaje de los tubos de protección y sus sujeciones	<b>Pág. 8</b>
9.3.3. Tendido de cables	<b>Pág. 8-9</b>
9.3.4. Montaje y conexión de los equipos eléctricos	<b>Pág. 9</b>
9.4. Máquinas-herramientas	<b>Pág. 9-10</b>
9.4.1. Taladro de mano	<b>Pág. 9-10</b>
9.4.2. Pistolas clavadoras	<b>Pág. 10</b>
9.4.3. Equipos de soldadura eléctrica	<b>Pág. 10</b>
9.5. Manipulación de cargas	<b>Pág. 10-11</b>
9.5.1. Carga y descarga manual	<b>Pág. 11</b>
9.5.2. Transporte de la carga	<b>Pág. 11</b>
9.6. Trabajos con maquinaria	<b>Pág. 11</b>
9.6.1. Plataforma elevadora telescópica	<b>Pág. 11-12</b>
9.7. Trabajos con escalera simple	<b>Pág. 12</b>
9.7.1. Manejo de las escaleras	<b>Pág. 12</b>
9.7.2. Colocación de las escaleras	<b>Pág. 12</b>
9.7.3. Utilización de la escalera	<b>Pág. 12</b>

#### **Anexo IV.**

##### **1. Módulo fotovoltaico A – 315 M**

**Pág.1-2**

**Anexo V.**

**1. Sunny Tripower**

**Pág.1-4**

**Planos.**

**1. Situación**

**2. Emplazamiento 1**

**3. Emplazamiento 2**

**4. Vistas Nave 4**

**5. Conexiones**

**6. Esquema unifilar**

**7. Estructura y puesta a tierra**

**Pliego de condiciones.**

**1. Pliego de condiciones generales**

**Pág.1-4**

1.1. Objeto de este pliego

**Pág.1**

1.2. Campo de aplicación

**Pág.1**

1.3. Normativa a cumplir

**Pág.1-2**

1.4. Documentos del proyecto

**Pág.2**

1.5. Permisos y Licencias	<b>Pág.2</b>
1.6. Variaciones y planos de detalle	<b>Pág.2-3</b>
1.7. Obligaciones del contratista de la obra	<b>Pág.3-4</b>
<b>2. Pliego de condiciones particulares</b>	<b>Pág.4-9</b>
2.1. Condiciones legales	<b>Pág.4-9</b>
2.1.1. El contrato	<b>Pág.4-5</b>
2.1.2. Arbitraje obligatorio	<b>Pág.5</b>
2.1.3. Jurisdicción competente	<b>Pág.5-6</b>
2.1.4. Responsabilidad del contratista	<b>Pág.6-9</b>
2.1.5. Subcontratas	<b>Pág.9</b>
<b>3. Pliego de Condiciones facultativas</b>	<b>Pág.9-22</b>
3.1. Delimitación general de funciones técnicas	<b>Pág.9-12</b>
3.1.1. El Ingeniero Director	<b>Pág.9-10</b>
3.1.2. El Ingeniero Técnico	<b>Pág.10-11</b>
3.1.3. El Constructor	<b>Pág.11-12</b>
3.2. Obligaciones y derechos generales del constructor	<b>Pág.12-15</b>
3.2.1. Verificación de los documentos del proyecto	<b>Pág.12</b>
3.2.2. Plan de Seguridad e Higiene	<b>Pág.12</b>
3.2.3. Oficina en la obra	<b>Pág.12-13</b>
3.2.4. Presencia del constructor en la obra	<b>Pág.13</b>
3.2.5. Trabajos no estipulados expresamente	<b>Pág.13-14</b>

3.2.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto	<b>Pág.14</b>
3.2.7. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa	<b>Pág.14-15</b>
3.2.8. Recusación por el contratista del personal nombrado por el Ingeniero	<b>Pág.15</b>
3.2.9. Faltas de personal	<b>Pág.15</b>
3.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales	<b>Pág.15-20</b>
3.3.1. Caminos y accesos	<b>Pág.15-16</b>
3.3.2. Replanteo	<b>Pág.16</b>
3.3.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos	<b>Pág.16</b>
3.3.4. Orden de los trabajos	<b>Pág.16</b>
3.3.5. Facilidades para otros contratistas	<b>Pág.16-17</b>
3.3.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	<b>Pág.17</b>
3.3.7. Prórroga por causa de fuerza mayor	<b>Pág.17</b>
3.3.8. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	<b>Pág.17</b>
3.3.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	<b>Pág.17</b>
3.3.10. Obras	<b>Pág.17-18</b>
3.3.11. Trabajos defectuosos	<b>Pág.18</b>
3.3.12. Vicios ocultos	<b>Pág.18</b>
3.3.13. De los materiales y los aparatos. Su procedencia	<b>Pág.19</b>
3.3.14. Presentación de muestras	<b>Pág.19</b>
3.3.15. Materiales no utilizables	<b>Pág.19</b>

3.3.16. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos	<b>Pág. 19</b>
3.3.17. Limpieza de las obras	<b>Pág.19</b>
3.3.18. Obras sin prescripciones	<b>Pág.20</b>
3.4. De las recepciones de edificios y obras ajenas. De las Recepciones provisionales	<b>Pág.20-22</b>
3.4.1. Documentación final de la obra	<b>Pág.21</b>
3.4.2. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra	<b>Pág.21</b>
3.4.3. Plazo de garantía	<b>Pág.21</b>
3.4.4. Conservación de las obras recibidas provisionalmente	<b>Pág.21</b>
3.4.5. De la recepción definitiva	<b>Pág.21-22</b>
3.4.6. Prórroga del plazo de garantía	<b>Pág.22</b>
3.4.7. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	<b>Pág.22</b>
<b>4. Pliego de Condiciones económicas</b>	<b>Pág.22-32</b>
4.1. Principio general	<b>Pág.22</b>
4.2. Fianzas	<b>Pág.23-24</b>
4.2.1. Fianza provisional	<b>Pág.23</b>
4.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	<b>Pág.23</b>
4.2.3. De su devolución en general	<b>Pág.23</b>
4.2.4. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales	<b>Pág.23-24</b>
4.3. De los precios	<b>Pág.24-27</b>

4.3.1. Composición de los precios unitarios	<b>Pág.24-25</b>
4.3.2. Precio de contrata. Importe de contrata	<b>Pág.25-26</b>
4.3.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	<b>Pág.26</b>
4.3.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios	<b>Pág.26</b>
4.3.6. De la revisión de los precios contratados	<b>Pág.26</b>
4.3.7. Acopio de materiales	<b>Pág.26-27</b>
4.4. De la valoración y abonos de los trabajos	<b>Pág.27-30</b>
4.4.1. Formas varias de abono de las obras	<b>Pág.27</b>
4.4.2. Relaciones valoradas y certificaciones	<b>Pág.27-28</b>
4.4.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas	<b>Pág.29</b>
4.4.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada	<b>Pág.29</b>
4.4.5. Pagos	<b>Pág.29</b>
4.4.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía	<b>Pág.30</b>
4.5. De las indemnizaciones mutuas	<b>Pág.30</b>
4.5.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras	<b>Pág.30</b>
4.5.2. Demora de los pagos	<b>Pág.30</b>
4.6. Varios	<b>Pág.31-32</b>
4.6.1. Seguro de las obras	<b>Pág.31</b>
4.6.2. Conservación de la obra	<b>Pág.31-32</b>
<b>5. Condiciones técnicas</b>	<b>Pág.32-36</b>
5.1. Sistemas generadores fotovoltaicos	<b>Pág.32-36</b>

5.1.1. Módulos fotovoltaicos	<b>Pág.32-33</b>
5.1.2. Estructura soporte	<b>Pág.33-34</b>
5.1.3. Inversor	<b>Pág.34-35</b>
5.1.4. Cableado	<b>Pág.35-36</b>
5.1.5. Armarios de protección	<b>Pág.36</b>
5.1.6. Protecciones	<b>Pág.36</b>

**Presupuesto y medición.**

**Presupuesto y medición**

**Pág.1-4**

ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**Memoria**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.****0. Hoja de identificación.**

<b>1. Objeto</b>	<b>Pág.1</b>
<b>2. Alcance</b>	<b>Pág.1-2</b>
<b>3. Antecedentes</b>	<b>Pág.2-3</b>
3.1. Principios de la energía solar fotovoltaica	<b>Pág.2</b>
3.2. Aplicaciones principales	<b>Pág.2-3</b>
<b>4. Situación y emplazamiento</b>	<b>Pág.3-4</b>
4.1 Descripción del emplazamiento	<b>Pág.3-4</b>
<b>5. Normas y referencias</b>	<b>Pág.4-6</b>
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	<b>Pág.4-6</b>
<b>6. Definiciones y abreviaturas</b>	<b>Pág.6-8</b>
6.1 Radiación Solar	<b>Pág.6</b>
6.2 Instalación	<b>Pág.6-7</b>
6.3 Módulos	<b>Pág.7-8</b>
6.4 Integración arquitectónica	<b>Pág.8</b>
<b>7. Requisitos de diseño</b>	<b>Pág.7-8</b>
<b>8. Análisis de soluciones</b>	<b>Pág.9-10</b>
8.1. Colocación de los módulos	<b>Pág.9</b>
8.1.1. Instalación de los módulos	<b>Pág.10</b>

Sergio A. Fajardo Santana	Memoria
8.2. Inversor	<b>Pág.10</b>
8.3. Módulo fotovoltaico	<b>Pág.10</b>
<b>9. Resultados finales</b>	<b>Pág.10</b>
9.1. Módulo	<b>Pág.10-12</b>
9.2. Inversor	<b>Pág.12-13</b>
9.3. Descripción de la cubierta	<b>Pág.13</b>
9.4 Descripción de los elementos de la instalación eléctrica	<b>Pág.13-15</b>
9.4.1. Cableado	<b>Pág.13-14</b>
9.4.2. Protecciones	<b>Pág.14-15</b>
9.5. Estructura soporte	<b>Pág.15</b>
<b>10. Planificación</b>	<b>Pág.15-17</b>
<b>11. Orden de prioridad de los documentos básicos</b>	<b>Pág.18</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>Pág.18</b>

## 0. Hoja de identificación.

**Título del proyecto:** Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la Nave 4 de Ingeniería.

### Datos del proyectista.

Nombre y apellidos: Sergio Alberto Fajardo Santana.

DNI: 54055303-J

Dirección: C/ El Ramal nº4.

Municipio: Tegueste.

Código Postal: 38280.

Provincia: Santa Cruz de Tenerife.

Email: [sergioalbertofajardosantana@gmail.com](mailto:sergioalbertofajardosantana@gmail.com)

Fecha: Agosto 2015

### Peticionario.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial.

C/Avenida del Astrofísico Francisco Sánchez s/n.

San Cristóbal de la Laguna.

Santa Cruz de Tenerife.

### Emplazamiento.

Naves de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial

C/Avenida del Astrofísico Francisco Sánchez s/n

San Cristóbal de la Laguna

Santa Cruz de Tenerife



## **1. Objeto.**

En la redacción de este proyecto se describe el diseño y planificación de una instalación fotovoltaica conectada a red sobre la cubierta de una nave de dimensiones definidas, cumpliendo las prescripciones de las reglamentaciones vigentes que son de aplicación para su diseño y estudio económico.

## **2. Alcance.**

Se pretende aprovechar la energía solar como medio limpio para la obtención de energía mediante la instalación fotovoltaica sobre cubierta en la Nave 4 de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología.

Los puntos que abarca el proyecto son los siguientes:

- Se exponen los aspectos más importantes de la tecnología fotovoltaica, su desarrollo en los últimos años y la situación actual en cuanto a normativa y penetración.
- Posteriormente se analizan las diferentes posibilidades que ofrece una instalación fotovoltaica, que es la formada por un conjunto de módulos fotovoltaicos, en este caso, sobre la cubierta de una nave situada en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, buscando optimizar el emplazamiento en el cual se va a hacer dicha instalación.

Los aspectos a tratar en este proyecto serán:

- Dimensionado del generador fotovoltaico.
  - Calcular número de módulos necesarios en función del consumo de las instalaciones citadas anteriormente.
- Instalación eléctrica asociada al generador.
  - Cableado.
  - Protecciones.
  - Canalizaciones.

- Puesta a tierra.
- Comprobación estructural de sobrecargas en las naves:
  - Aplicación de sobrecargas (módulos, viento, nieve...)

### **3. Antecedentes.**

En la actualidad, la fuerte demanda energética, que principalmente se cubre con fuentes primarias de origen fósil está provocando un alto grado de emisiones contaminantes a la atmósfera así como el agotamiento de los recursos fósiles.

Una de las principales alternativas para reducir esta dependencia son las energías renovables como la eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, biomasa, etc...

Pero no solo el uso de estas energías dará una solución completa sino que habrá que combinar con este uso una reducción del consumo excesivo, más en los países desarrollados, y con unos planes de eficiencia energética tanto en industria como en el sector servicio y doméstico.

#### **3.1. Principios de la energía solar fotovoltaica.**

El aprovechamiento de la energía solar nace de dos cuestiones fundamentales:

- Una creciente necesidad de electricidad en el mundo a la vez que la búsqueda de modelos de generación que sean respetuosos con el medio ambiente.
- El hecho de que sea una fuente inagotable y gratuita.

El principio de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas está basado en el efecto fotovoltaico, el cual transforma la energía radiante del Sol en energía eléctrica. Este proceso de transformación se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del Sol incide sobre una de estas células, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

#### **3.2. Aplicaciones principales.**

La energía solar fotovoltaica está indicada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, ya sea bien para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de acceso a la red eléctrica (sistemas fotovoltaicos autónomos) o bien para generar energía a la red (sistemas conectados a la red eléctrica).

#### **4. Situación y emplazamiento.**

La instalación tiene lugar en el municipio de San Cristóbal de la Laguna cuyas coordenadas geográficas son 28°29'N 16°18'O a 546 msnm.

La nave 4 de la ETSICI donde se pretende elaborar este proyecto está situada en la Avenida Astrofísico Francisco Sánchez s/n, en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna, en la isla de Tenerife. Dicho emplazamiento está perfectamente definido en el plano de situación que se incluye en el capítulo de “Planos”.

##### **4.1 Descripción del emplazamiento.**



Figura I. Emplazamiento.

El acceso a las naves se puede realizar por la entrada de los aparcamientos del Edificio de Ingeniería Informática que está adyacente a la avenida citada anteriormente, tanto de forma peatonal como en coche, pero también se puede tener acceso por otras dos entradas que dan acceso a dichos aparcamientos y por consiguiente a las naves, una entrada se hace por la zona este del edificio de Informática y la otra por la zona oeste de este mismo edificio, estas

últimas entradas son de forma peatonal. El uso de las naves es exclusivamente docente, en donde se imparten clases tanto teóricas como prácticas y que a su vez sirven para llevar a cabo investigaciones.

- Nave uno: esta nave se encuentra en la zona oeste de los aparcamientos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSII), tiene forma rectangular con dos ventanas a cada lado de ella y una superficie total de 200 m<sup>2</sup>. Tiene una altura de cumbrera de unos 7,3 metros. La cubierta es a dos aguas con una inclinación de 14° y un área de 207 m<sup>2</sup>, teniendo una altura desde el suelo hasta su punto más bajo de 6 metros. La nave tiene interiormente un altillo de 10 m por 10m por el cual se accede por unas escaleras metálicas.
- Nave dos: esta se encuentra en la misma zona solo que a unos metros hacia el norte respecto a nave anterior y sus medidas son idénticas. La única diferencia de esta sobre la anterior es que ésta no posee el altillo existente en la Nave uno.
- Nave tres y cuatro: se encuentran en la zona este del aparcamiento, también son rectangulares y están unidas lateralmente entre sí por una misma pared, ambas son iguales y diferentes a las otras dos, ya que su altura y superficie son diferentes. Estas tienen una superficie de 163 m<sup>2</sup> y una altura de 5,50 m hasta su punto más alto, ya que también sus cubiertas son a dos aguas con una inclinación de 30°.

## **5. Normas y referencias.**

### **5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.**

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.
- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), que desarrolla y permite el cumplimiento de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- 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 1627/1997 de 24 de Octubre sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en Obras de Construcción.
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 24/2013, del 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, establecidos por el IDAE (PCT – C – REV– Julio 2011).

## **6. Definiciones y abreviaturas.**

### **6.1 Radiación Solar.**

*Radiación solar:* Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

*Irradiancia:* Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en KW/m<sup>2</sup>.

*Irradiación:* Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en KWh/m<sup>2</sup>, o bien en MJ/m<sup>2</sup>.

### **6.2 Instalación.**

*Instalación fotovoltaica:* Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicas para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

*Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:* Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.

*Línea y punto de conexión y medida:* La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

*Interruptor automático de la interconexión:* Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

*Interruptor general:* Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

*Generador fotovoltaico:* Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

*Rama fotovoltaica:* Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

*Inversor:* Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

*Potencia nominal del generador:* Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

*Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal:* Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

### **6.3 Módulos.**

*Célula solar o fotovoltaica:* Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

*Célula de tecnología equivalente (CTE):* Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

*Módulo o panel fotovoltaico:* Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

*Condiciones Estándar de Medida (CEM):* Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m<sup>2</sup>.

- Distribución espectral: QM 1.5 G.
- Temperatura de célula: 25°C.

*Potencia pico:* Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

*TONC:* Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1.5 G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

## **6.4 Integración arquitectónica.**

Según los casos, se aplicarán las denominaciones siguientes:

*Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos:* Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

*Revestimiento:* Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

*Cerramiento:* Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.

*Elementos de sombreado:* Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada.

## **7. Requisitos de diseño.**

Esta instalación estará basada en el concepto de autoconsumo. La estacionalidad y la irregularidad de algunos recursos renovables, en nuestro caso la luz solar, provocan que, en ocasiones, no toda la energía producida se consuma instantáneamente. El Real Decreto deja claro que no se puede cobrar por la energía sobrante vertida a la red, por lo que no se recibirá retribución al verter la energía excedente. Por otro lado según 11.4 del Real Decreto 1699/2011 “En el circuito de generación hasta el equipo de medida no podrá intercalarse

ningún elemento de generación distinto del de la instalación autorizada, ni de acumulación” por lo que no se podrá incluir ningún acumulador.

Los requisitos principales tomados como referencia para la elaboración del proyecto son:

- Reducir el consumo que la nave obtiene de la red.
- Potencia pico inferior a la máxima para la que se ha diseñado la nave.
- Al no conocer el material ni tener datos de las vigas de la nave se considerará la cubierta como ideal, pudiendo soportar el peso de los paneles y no será un impedimento en la colocación de las estructuras soporte.
- Adaptarse a la normativa vigente.
- Diseñar el sistema generador se tendrá en cuenta dos posibilidades:
  1. Según la potencia anual que consume la Nave 4.
  2. Según la potencia para la que ha sido diseñada la Nave 4, por si en algún futuro aumenta el consumo actual.

## **8. Análisis de soluciones.**

Se ha decidido realizar el proyecto según la potencia para la que ha sido diseñada la nave (30 KW). No se cubrirá la totalidad de la potencia sino lo que nos permita el sistema generador.

### **8.1. Colocación de los módulos.**

Tipos de colocación:

- Colocación en el mismo plano de la cubierta.
- Colocación con una inclinación distinta a la de la cubierta.
- Colocación de los módulos orientados hacia el sur y con inclinación.

Se ha escogido la tercera opción para evitar sombreado entre módulos y por tratarse de una inclinación muy próxima a la óptima, por lo que las pérdidas por este motivo son mínimas.

### **8.1.1. Instalación de los módulos.**

Tipo de instalación:

- Vertical.
- Horizontal.

Se ha elegido la instalación horizontal, ya que permite que cuando parte de un módulo se vea afectado por determinadas sombras el bypass solo desconecta aquellas células afectadas por la sombra, lo que permite que las demás células sigan suministrando potencia.

### **8.2. Inversor.**

Tipo de inversor:

- Colocación de varios inversores monofásicos.
- Colocación de un inversor trifásico.

Se ha escogido la segunda opción puesto que las naves disponen de línea trifásica y presenta mayor facilidades de montaje (no es necesario embarrado).

Número de inversores:

Se ha decidido utilizar un solo inversor, ya que un aumento en el número de este conlleva una reducción del rendimiento.

### **8.3. Módulo fotovoltaico.**

- Tecnología monocristalina.
- Tecnología policristalina.

Se ha escogido la primera opción por presentar una mayor eficiencia frente a la célula policristalina. Además la célula monocristalina no presenta grandes pérdidas por temperatura.

## **9. Resultados finales.**

### **9.1. Módulo.**

El tipo de módulo escogido para este proyecto es el A – 315 M de 315 W. Se han configurado 2 strings en paralelo con 11 módulos en serie cada uno. La potencia pico de los 44 módulos es 13,86 KW.

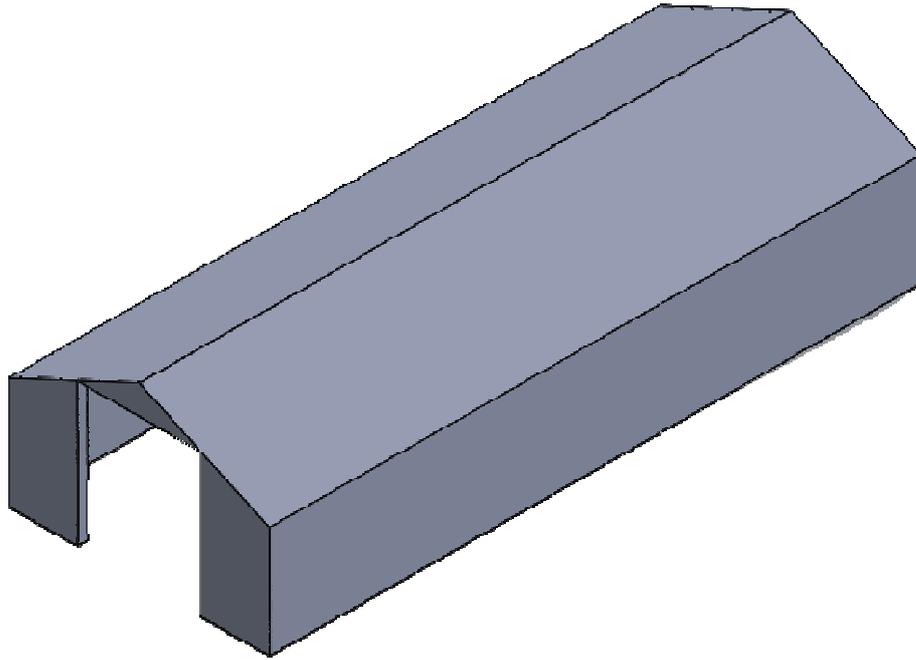


Figura II. Isométrica nave 4.

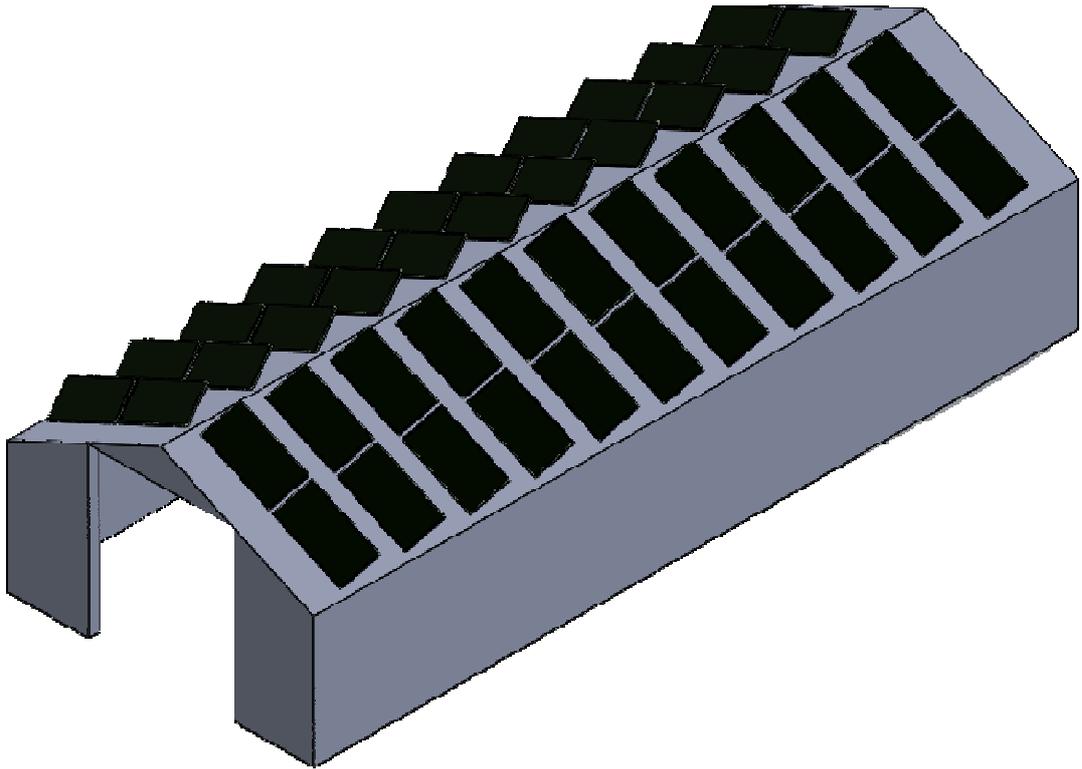


Figura III. Disposición de los módulos.

## 9.2. Inversor.

El inversor es el equipo capaz de transformar en corriente alterna y entregar a la red toda la potencia que el generador fotovoltaico genera en cada instante, funcionando a partir de un umbral mínimo de radiación solar. El escogido para este proyecto es el inversor trifásico Sunny Tripower 15000TL donde cada string en paralelo irá a la entrada “A”, ya que los strings se han configurado en base a la tensión que soporta esa entrada.



Figura IV. Inversor.

### **9.3. Descripción de la cubierta.**

La cubierta para este proyecto se modelará como una cubierta ideal capaz de soportar el peso de los paneles y no presentar ningún problema a la hora de montar la estructura necesaria en ella. Presenta una inclinación de  $25^\circ$ , estando cada agua orientada hacia el este y el oeste respectivamente. Debido a ello no se utilizará la inclinación ni la orientación de la cubierta para la colocación de los paneles, ya que no cumple el requisito del “PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS de la IDAE” en cuanto a pérdidas por orientación e inclinación. Los paneles estarán orientados hacia el sur con una inclinación de  $35^\circ$ .

### **9.4 Descripción de los elementos de la instalación eléctrica.**

#### **9.4.1. Cableado.**

Los cables atenderán a lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y al Pliego de Condiciones del IDAE.

El conductor de baja tensión que se empleará en la totalidad de la instalación es de tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de  $90^\circ$ , con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.123.

La instalación del cableado se realizará desde los módulos fotovoltaicos hasta la Caja de Protección y Medida, pasando antes por las cajas de conexiones, el inversor y cuadro de protección.

En la instalación se emplearán distintas secciones de cableado y diferentes tipos de canalizaciones eléctricas, que cumplirán en todo momento con lo exigido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para la correcta puesta en servicio y garantizar un correcto funcionamiento de la instalación.

Para la sección de los cables se han seguido los criterios de sobrecalentamiento y caída de tensión según el Pliego de Condiciones del IDAE: deberán soportar el 125% de la intensidad de cortocircuito de la línea para el criterio por sobrecalentamiento según ITC-BT-40 y una caída de tensión inferior al 1,5% en la zona de CC y un 2% en la zona de CA para el criterio de caída de tensión.

El aislamiento del cable será de polietileno reticulado (XLPE) por presentar una mayor resistencia a temperatura (hasta 90°C). Dadas las condiciones de exposición al aire libre se ha decidido emplear cables con este tipo de aislamiento.

#### **9.4.2. Protecciones.**

Todas las protecciones cumplirán con lo estipulado en la ITC-BT-22 (Protecciones contra sobreintensidades), ITC-BT-23 (Protecciones contra sobretensiones) y ITC-BT-24 (Protecciones contra los contactos directos e indirectos).

##### 9.4.2.1. Protecciones en CC.

En esta parte de la instalación se colocará un cuadro con fusibles adicionales a los que trae el inversor como medida de precaución. A la entrada del inversor se colocarán cuatro fusibles (uno por cadena y polaridad) de 15A. Además, el cuadro incluirá un seccionador de carga para poder aislar el inversor de las cadenas como medida preventiva puesto que el inversor incorpora sus propios seccionadores.

El inversor Sunny Tripower 15000TL incorpora sus propias protecciones contra las sobrecargas y contra el fallo de aislamiento para proteger a las personas.

##### 9.4.2.2. Protecciones en CA.

Se instalará un cuadro de protecciones a la salida del inversor, con los siguientes componentes:

- Interruptor magnetotérmico de 20A.
- Interruptor automático diferencial de 20A y 30mA

Además, en la Caja de Protección y Medida se colocará un seccionador de carga de 20A para poder desconectar la instalación desde el punto de medida por parte de la empresa distribuidora.

#### 9.4.2.3. Puesta a tierra.

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Art. 15 del Real Decreto 1669/2011 y en ITC-BT-18 del REBT en lo relativo a la puesta a tierra de la instalación.

Los módulos fotovoltaicos y las estructuras metálicas se conectarán a tierra independiente con el fin de facilitar la evacuación de derivaciones producidas por cualquier tipo de fenómeno, incluyendo los atmosféricos como pueden ser los rayos.

Se realizará una única toma de tierra conectando directamente a las picas principales de tierra de la instalación, tanto la estructura soporte del generador, como el borne de puesta a tierra del inversor.

#### 9.4.2.4. Conexión a red.

Según el RD 1699/2011 la conexión a la red para instalaciones de pequeña potencia como nuestro caso se puede realizar en la propia red interior del usuario. Para ello se empleará un contador bidireccional que se encargará por un lado de medir la energía consumida y la vertida a la red. También será el encargado de tomar energía de la red cuando la producción fotovoltaica sea insuficiente para la demanda de potencia de las naves en un momento dado.

### **9.5. Estructura soporte.**

La estructura soporte elegida para los módulos es VA6 4x9/2 35°CT, en la cual irán agrupados los paneles de dos en dos.

## **10. Planificación.**

Se exponen a continuación las distintas tareas en las que se divide la ejecución del proyecto.

<u>TAREA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
1	Colocación y preparación de la estructura soporte
2	Colocación y preparación de los módulos fotovoltaicos
3	Instalación de canalizaciones en la fachada
4	Colocación y preparación del inversor
5	Instalación eléctrica
6	Conexiones de la instalación fotovoltaica y comprobación

Tabla I. Tareas y descripción.

<u>TAREA</u>	<u>FECHA DE INICIO</u>	<u>DURACIÓN</u>	<u>FECHA FINAL</u>
1	01/01/2016	2	03/01/2016
2	03/01/2016	3	06/01/2016
3	06/01/2016	1	07/01/2016
4	07/01/2016	1	08/01/2016
5	08/01/2016	2	10/01/2016
6	10/01/2016	1	11/01/2016

Tabla II. Duración de las tareas.

FEC HA	INICIO										FIN	
	01/01/2 016	02/01/2 016	03/01/2 016	04/01/2 016	05/01/2 016	06/01/2 016	07/01/2 016	08/01/2 016	09/01/2 016	10/01/2 016	11/01/2 016	
1	■											
2			■									
3						■						
4							■					
5								■				
6										■		

Tabla III. Diagrama de Gantt.

## **11. Orden de prioridad de los documentos básicos.**

Frente a posibles discrepancias el orden de prioridad de documentos será:

- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.
- Memoria.

## **12. Bibliografía.**

Programas utilizados:

- Microsoft Excel 2013.
- Autodesk Autocad 2013.
- PVSYST V3.4.
- PVGIS online.
- Comsol Multiphysics 3.5.
- Solidworks 2015.

# ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**ANEXO I. Cálculo elementos fotovoltaicos**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

<b>1. Introducción</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Estimación del consumo de la nave</b>	<b>Pág. 1</b>
2.1. Nave de práctica	<b>Pág. 1</b>
2.1.1. Iluminación	<b>Pág. 2</b>
2.1.3. Maquinaria	<b>Pág. 2-8</b>
<b>4. Datos de irradiación local</b>	<b>Pág. 8-9</b>
<b>5. Componentes del sistema fotovoltaico</b>	<b>Pág. 10-12</b>
5.1. Tipo de módulo	<b>Pág. 10</b>
5.1.2. Número de módulos	<b>Pág. 10-12</b>
5.3. Inversor	<b>Pág. 12</b>
5.4. Estructura soporte	<b>Pág. 12</b>
<b>6. Cálculo de la energía aportada</b>	<b>Pág. 12-13</b>
<b>7. Rendimiento energético de la instalación</b>	<b>Pág. 13-19</b>
7.1. Cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación	<b>Pág. 14-16</b>
7.2. Cálculo de las pérdidas por sombras	<b>Pág. 16</b>
7.3. La dependencia de la eficiencia con la temperatura	<b>Pág. 16-17</b>
7.4. La eficiencia del cableado	<b>Pág. 17-18</b>
7.5. Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad	<b>Pág. 18</b>
7.6. Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia	

	<b>Pág. 18</b>
7.7. La eficiencia energética del inversor	<b>Pág.18-19</b>
7.8. Pérdidas por explotación y mantenimiento	<b>Pág. 19</b>
<b>8. Cálculo de la producción anual esperada</b>	<b>Pág. 19-20</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>Pág. 20-21</b>

## **1. Introducción.**

Este anexo comprende los cálculos relativos a la instalación fotovoltaica. Esta instalación estará basada en el concepto de autoconsumo. La estacionalidad y la irregularidad de algunos recursos renovables, en nuestro caso la luz solar, provocan que, en ocasiones, no toda la energía producida se consuma instantáneamente. En ese caso, la energía excedente no generará un crédito extra. Este interés ha suscitado un debate, en ocasiones poco documentado, que ha dado lugar a diferentes opiniones sobre la legalidad o no de autoconsumir producción propia de energía eléctrica.

Recientemente se ha aprobado el RD 1699/2011, que resulta de aplicación para aquellas instalaciones en régimen especial u ordinario de potencia no superior a 100 kW. Este RD, incorpora ya referencias explícitas a las instalaciones destinadas a autoconsumo (total o parcial) de la energía producida, llegando a establecer la obligación de regular en el plazo de cuatro meses las condiciones de producción de este tipo de instalaciones. Sin embargo el ministerio no ha publicado ningún documento nuevo al respecto desde entonces.

Todo ello se realizará siguiendo lo establecido en:

- Código Técnico de la Edificación (CTE – DB HE5), Documento Básico Ahorro de Energía 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE. (Julio 2011).

Y con la ayuda de:

- Guía Completa de la Energía Solar Fotovoltaica (Adaptada al CTE). José M. Fernández Salgado.
- Referencias sobre autoconsumo de energía eléctrica en la normativa vigente. IDAE febrero 2012

## **2. Estimación del consumo de la nave.**

### **2.1. Nave de práctica**

Para realizar una estimación del consumo de las naves de prácticas se ha tenido en cuenta el número de tomas de corriente con las que cuenta la nave, así como los componentes y maquinaria fija. La potencia consumida por el circuito de iluminación se incluirá en un margen de seguridad aplicado a la potencia calculada, puesto que el uso principal de la nave será durante horas de día y en raras ocasiones se utilizará iluminación artificial.

El consumo se calculará para la nave de mecánica y se considerará que las otras tres naves tendrán el mismo consumo. Esta elección se toma en base a que dicha nave es la que más horas de uso presenta en el calendario. De esta manera se estaría sobredimensionando la producción eléctrica.

### **2.1.1. Iluminación.**

El uso de las naves será mayoritariamente durante el día y están provistas de un buen acceso de luz natural.

### **2.1.3. Maquinaria.**

Los elementos fijos de maquinaria se enumeran a continuación con sus respectivos consumos aproximados gracias al servicio de Mecánica del SEGAI:

<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPO</b>		
Nombre	Tronzadora de perfiles.	
Modelo	CY-210	
Fabricante	Tronzadoras MG S.A.	
Código	141102	
Nº serie	141102	
Distribuidor	Tronzadoras Mg.	
Equipo de medida	Equipo auxiliar	Patrón físico
Características técnicas	-Un motor principal, con número de serie: 00763, de: Potencia: 0,55 kW- 3/4 HP Eff:0.65 Voltaje nominal:400V RPM: 1420/710 Frecuencia:50 HZ Corriente: 2,6 Amperios 4/8 Polos 3 Fases -Una Bomba de refrigeración, con número de serie: 0235, de: Potencia: 40W RPM: 2840 Voltaje nominal:400V Frecuencia:50 HZ Corriente: 0,6 Amperios 2 Polos 2 Fases	
HORAS DE USO	100	
POTENCIA CONSUMIDA (KWaño)	55	

Tabla I. Características tronzadora.

<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPO</b>		
Nombre	Torno paralelo	
Modelo	TC-1440	
Fabricante	Buffalo Machinery Company Limited.	
Código	14400209650	
Nº serie	14400209650	
Distribuidor	Microcut.	
Equipo de medida	Equipo auxiliar	Patrón físico
Características técnicas	Voltaje nominal: 400 V Frecuencia: 50 Hz Nº de fases: 3 Potencia total: 5,5-8 KW Corriente total: 7,45 Amperios Motor Principal: potencia 3,7 kW, de Corriente: 7 Amperios y Voltaje nominal: 24 V Motor Secundario: potencia 0,093 kW y una Corriente de 0,45 Amperios	
HORAS DE USO	200	
POTENCIA CONSUMIDA (KWaño)	1600	

Tabla II. Características torno paralelo.

<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPO</b>		
Nombre	Conjunto de producción, secado y almacenamiento de aire comprimido.	
Modelo	ISA 5 S	
Fabricante	UNIAIR	
Código	603592.04	
Nº serie	603592.04	
Distribuidor	UNIAIR	
Equipo de medida	Equipo auxiliar	
Características técnicas	<p><b>Compresor:</b>                      Voltaje nominal: 400 V                      Frecuencia: 50 Hz                      Nº de fases: 3                      Potencia: 4 kW                      Presión: 10 bar</p> <p><b>Tanque</b>                      Nº: 1951                      Tipo: VAC/500/10                      PS: 10 bar                      Temperaturas; Min -10 y Max 100                      Capacidad: 500 L                      Temperaturas ambientales entre 5-35 °C.</p> <p><b>Secador</b>                      Modelo: TME 68                      Serial Nº: 46199                      Capacidad: 1100 l/min                      Potencia : 0,45 KW                      Presión máxima: 16 bar                      refrigerante: R134a-0,25 kg                      Temperatura máx. entrada: 45°C                      Temperatura máx.AMD: 40°C                      Alimentación: 230/1/50</p>	
HORAS DE USO 580	POTENCIA KW año)	CONSUMIDA (
	2581	

Tabla III. Características conjunto de producción, secado y almacenamiento de aire comprimido.

<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPO</b>			
Nombre	Centro mecanizado-fresadora CNC		Potencia: 5,5-8 KW
Modelo	MCV-2412		Frecuencia: 50 Hz
Fabricante	Buffalo Machinery Company Limited.		Peso: 18000 Kg
Código	10401645		Voltaje nominal: 400 V / FASES:3
Nº serie	10401645		Contiene control numérico por computadora.
Distribuidor	Dimasolda,S.A.		Marca: Fagor
			Modelo: 8055M
HORAS DE USO		200	
POTENCIA CONSUMIDA (KWaño)		1600	

Tabla IV. Características CNC.

Año	EQUIPO	Grado de Disponibilidad				Grado de Utilización	
		Nº horas trabajo posibles	Nº horas de avería, mantenimiento	Nº horas disponibles para uso	Disponibilidad %	Nº horas de uso aprox.	Utilización %
2014	Centro de mecanizado-fresadora CNC Microcut MCV-2412	1314	84	1196	91,02	200	15,43
	Torno paralelo Microcut TC-1440	1314	14	1300	98,93	200	15,38
	Tronzadora de perfiles MG- 210	1314	14	1300	98,93	100	7,69
	Máquina de medición por coordenadas Mitutoyo QM-353	Fuera de servicio.					
	Conjunto de producción, secado y almacenamiento de aire comprimido Uniair (equipo auxiliar, siempre trabaja cuando los demás están en funcionamiento)	1314	14	1300	98,93	580	44,62

Tabla V. Número de horas de uso de cada equipo.

MAQUINARIA	POTENCIA MAQUINARIA AL AÑO (KWh al año)	POTENCIA MAQUINARIA TOTAL (KWh al año)
Torno	1600	5836
Fresadora	1600	
PSA AC	2581	
Tronzadora	55	

Tabla VI. Energía consumida anualmente por los equipos.

ILUMINACIÓN	HORAS	POTENCIA DE ILUMINACIÓN (KW)	ENERGÍA ANUAL ILUMINACIÓN (KWh por año)
Septiembre-noviembre	36	2	288
Diciembre-febrero	60		
Marzo-julio	48		

Tabla VII. Energía consumida anualmente debida a la iluminación.

ENERGÍA CONSUMIDA ANUAL (Kwh por año)
6124

Tabla VIII. Energía consumida anualmente por la nave.

La energía total de todos estos elementos asciende a 6124 Kwh al año. Se conoce también la potencia instalada en la nave, alrededor de 30 Kw, por lo que la elección de módulos necesarios se llevará a cabo según este criterio, por si en algún futuro aumenta el consumo.

#### 4. Datos de irradiación local.

Los datos de irradiación están obtenidos del Instituto Tecnológico de Canarias para la estación de medida ubicada en San Cristóbal de la Laguna y corresponden a la irradiación sobre un plano horizontal. Para el cálculo de la irradiación sobre el plano de los módulos (plano inclinado 35° y orientado hacia el sur) se ha empleado el programa del Sistema de

Información Geográfico Fotovoltaico (PVGIS). En la siguiente tabla se observan los datos de irradiación diaria para cada mes y los de irradiación para el ángulo de inclinación de los paneles escogido, que se explicará en la sección 7.1 de este anexo.

### Monthly Solar Irradiation

#### PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 28°28'51" North, 16°19'19" West, Elevation: 577 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 26 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(35)$	$I_{opt}$
Jan	3780	5290	5630	55
Feb	4580	5830	6050	46
Mar	6140	6950	6980	33
Apr	6630	6740	6530	16
May	7340	6860	6450	1
Jun	7690	6880	6370	-6
Jul	7890	7180	6680	-3
Aug	7380	7230	6910	10
Sep	6250	6810	6760	27
Oct	5220	6380	6540	42
Nov	3830	5160	5440	52
Dec	3270	4640	4950	56
<b>Year</b>	<b>5840</b>	<b>6330</b>	<b>6280</b>	<b>26</b>

Tabla IX. Radiación mensual.

Donde:

$H_h$ : Radiación en el plano horizontal [Wh/m<sup>2</sup>day].

$H_{opt}$ : Radiación en el óptimo plano inclinado [Wh/m<sup>2</sup>day].

$H(35)$ : Radiación en el plano inclinado escogido (35°) [Wh/m<sup>2</sup>day].

$I_{opt}$ : Inclinación óptima para cada mes [°].

## 5. Componentes del sistema fotovoltaico.

### 5.1. Tipo de módulo.

El tipo de módulo escogido para este proyecto es el A – 315 M de 315 W.

Características eléctricas (STC: 1kW/m <sup>2</sup> , 25°C±2°C y AM 1,5)*	
	<b>A-315M</b>
Potencia Nominal (0/+5 W)	315 W
Eficiencia del módulo	16,19%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,45 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	37,30 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,94 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,72 V
Parámetros térmicos	
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,03% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,34% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C
Características físicas	
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (kg)	24
Área (m <sup>2</sup> )	1,95
Tipo de célula	Monocristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP65
Cables	Cable Solar 4 mm <sup>2</sup> 1200 mm
Conectores	TYCO
Rango de funcionamiento	
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m <sup>2</sup> )
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A
*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).	

Figura I. Especificaciones del módulo A-315 M.

#### 5.1.2. Número de módulos.

Para el cálculo del número de módulos se ha seguido el “PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS de la IDAE” en cuanto a la distancia entre módulos se refiere. Se ha escogido un ángulo de inclinación de 35°, cuyo cálculo se pueden ver en la sección 7.1. de este

Anexo. Se han configurado 2 strings en paralelo con 11 módulos en serie cada uno, en cada uno de los tejados. La potencia pico de los 44 módulos es 13,86 KW.

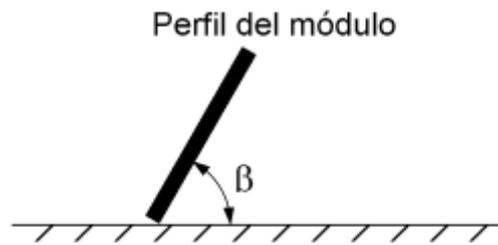


Figura II. Ángulo de inclinación del módulo.

La distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura  $h$  que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. En cualquier caso,  $d$  ha de ser como mínimo igual a  $h \cdot k$ , siendo  $k$  un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor  $1/\tan(61^\circ - \text{latitud})$ . En la tabla IX pueden verse algunos valores significativos del factor  $k$ , en función de la latitud del lugar.

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
$k$	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla X. Valores de  $k$  en función de la latitud.

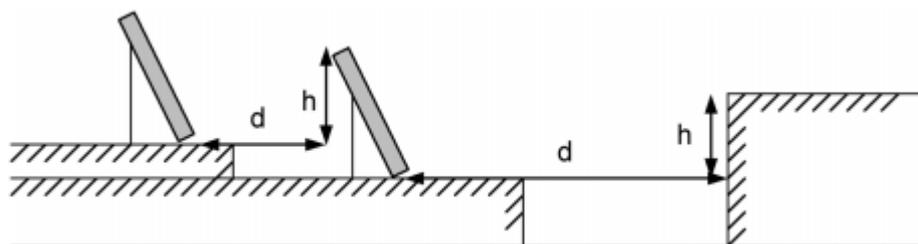


Figura III. Distancia mínima entre módulos. Fuente: PCT- IDAE.

Asimismo, la separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a  $h \cdot k$ , siendo en este caso  $h$  la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior, efectuándose todas las medidas con relación al plano que contiene las bases de los módulos.

En nuestra casa y para una inclinación de  $35^\circ$  y una colocación de cada módulo horizontal, la distancia mínima  $d$  es 1,71 metros. Para una longitud de cubierta de 20,33 metros esto da un resultado de 11 paneles en esa longitud.

### 5.3. Inversor.

El inversor es el equipo capaz de transformar en corriente alterna y entregar a la red toda la potencia que el generador fotovoltaico genera en cada instante, funcionando a partir de un umbral mínimo de radiación solar. El escogido para este proyecto es el inversor trifásico Sunny Tripower 15000TL donde cada string en paralelo irá a la entrada “A”, ya que los strings se han configurado en base a la tensión que soporta esa entrada.



Figura IV. Inversor.

### 5.4. Estructura soporte.

La estructura soporte elegida para los módulos es VA6 4x9/2  $35^\circ$ CT, en la cual irán agrupados los paneles de dos en dos.

## 6. Cálculo de la energía aportada.

Para el cálculo de la energía aportada por módulo fotovoltaico se utilizará el procedimiento presente en el “PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS de la IDAE”. En el mencionado documento la energía producida viene dada por:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{mp} * PR}{G_{CEM}} \quad (6.1)$$

Donde:

$E_p$ : Energía estimada producida durante un período seleccionado.

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ : Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar.

$P_{mp}$ : Potencia pico del generador.

$PR$ : Rendimiento energético de la instalación.

$G_{CEM}$ : Constante de valor 1 Kw/m<sup>2</sup>.

## 7. Rendimiento energético de la instalación.

El Performance Ratio, PR, es el factor de rendimiento global del sistema en el que se tienen en cuenta las pérdidas energéticas asociadas a los rendimientos de conversión de corriente continua a alterna, de seguimiento del punto de máxima potencia del inversor y al hecho de que el rendimiento de las células solares en la realidad es inferior al que indica el valor de su potencia nominal, debido a que el valor de la temperatura de operación suele ser notablemente superior a los 25°C (Temperatura de Condiciones Estándar de Medida).

El valor de la temperatura de la célula dependerá en este cálculo de la temperatura media diaria de cada mes, por lo que tendremos un Performance Ratio distinto en los diferentes meses del año y por consiguiente una variación de la producción eléctrica.

Para hallar la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a la Red de julio de 2011 (PCT- Rev.- julio. 20011), nos especifica que debemos tener en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura de la célula.

- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros.
- Suciedad.
- Pérdidas por errores en el seguimiento del Punto de Máxima Potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros...

### 7.1. Cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación.

El objeto de este apartado es conocer los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas admisibles establecidas en el Código Técnico de la Edificación.

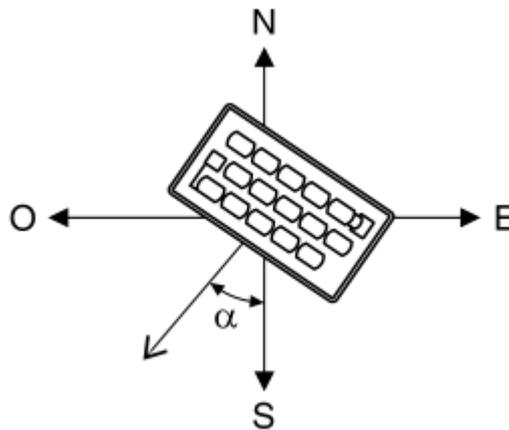


Figura V. Ángulo azimut. Fuente: PCT- IDAE.

Se establece, según el criterio del peor mes, que la inclinación óptima será la latitud del lugar más 5°-10°, es decir, para San Cristóbal de La Laguna con una latitud de 28,48°, se aproxima la inclinación de los paneles fotovoltaicos a 35°. Con el azimut conocido (16°) se determina mediante la Figura III los límites de inclinación para saber si la inclinación

escogida está dentro de esos límites.

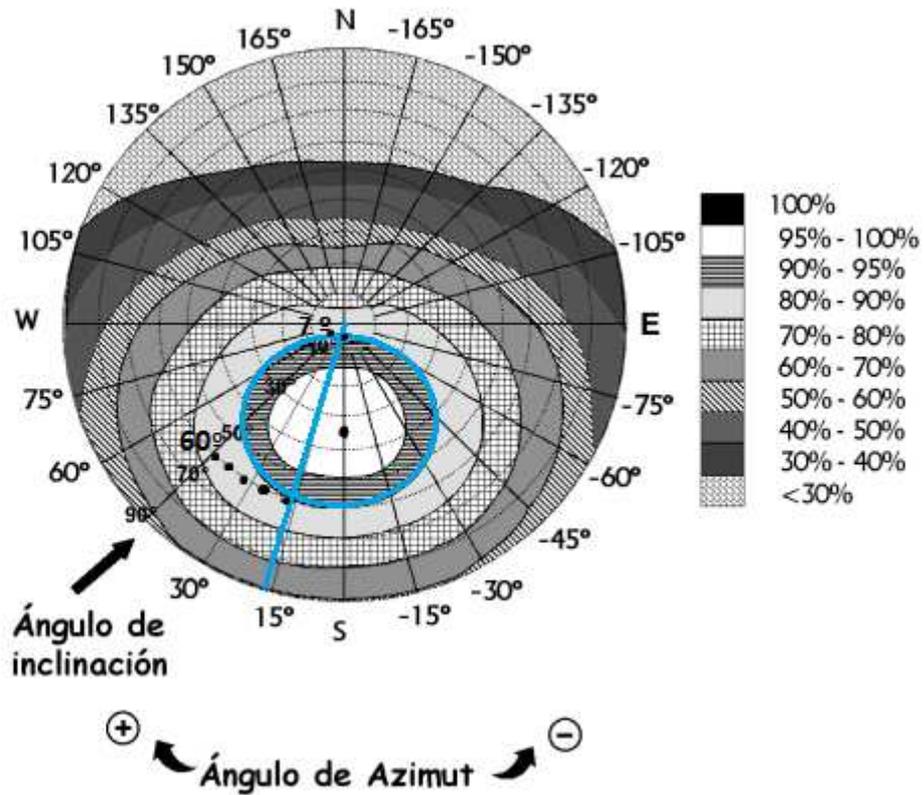


Figura VI. Fuente: PCT- IDAE.

Una vez determinados los límites se corrige para la latitud del lugar mediante:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - \text{latitud}) \tag{7.1.1.}$$

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ - (41^\circ - \text{latitud}) \tag{7.1.2.}$$

Dando como resultado:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = 48^\circ$$

Inclinación mínima =  $7^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = -5^\circ$  Como no está dentro del rango se iguala a  $0^\circ$ .

Se observa que la inclinación escogida para los módulos está dentro del rango. Para calcular las pérdidas por inclinación y orientación se utilizará:

$$Pérdidas (\%) = 100 * [1,2x10^{-4}(\beta - \Phi + 10)^2 + 3.5x10^{-5} * \alpha^2]$$

Para  $15^\circ < \beta < 90^\circ$

(7.2.1.)

$$Pérdidas (\%) = 100 * [1,2x10^{-4}(\beta - \Phi + 10)^2]$$

Para  $\beta \leq 15^\circ$

(7.2.2.)

## 7.2. Cálculo de las pérdidas por sombras.

El procedimiento para determinar las pérdidas por sombras consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol.

Sin embargo en lo relativo a este proyecto se despreciarán las pérdidas por sombras dada la ausencia de obstáculos que puedan originarlas. Además, la disposición de los módulos sobre la cubierta evita la generación de sombras entre ellos.

## 7.3. La dependencia de la eficiencia con la temperatura.

Representa las pérdidas medias mensuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas.

$$P_{temp}(\%) = 100 * [1 - 0.0035 * (T_c - 25)]$$

(7.3)

Donde:

$T_c$ : Temperatura de trabajo de la célula.

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) * \frac{E}{800} \quad (7.4)$$

Donde:

*TONC*: Temperatura de operación nominal de la célula (suministrada por el fabricante).

*E*: Irradiancia en [W/m<sup>2</sup>] (850 W/m<sup>2</sup>).

Conocida la temperatura de la célula obtenemos su diferencia ( $\Delta T$ ) respecto a los 25°C de las Condiciones Estándar de Medida así como las pérdidas:

TEMPERATURA MEDIA		Tc	% Temperatura
Enero	12,8	41,5	0,94
Febrero	13,2	41,9	0,94
Marzo	14,0	42,7	0,94
Abril	14,4	43,1	0,94
Mayo	15,7	44,4	0,93
Junio	17,6	46,3	0,93
Julio	15,6	44,3	0,93
Agosto	16,4	45,1	0,93
Septiembre	16,4	45,1	0,93
Octubre	15,0	43,7	0,93
Noviembre	13,2	41,9	0,94
Diciembre	11,3	40,0	0,95

Tabla XI. Rendimiento debido a la temperatura mensual.

#### 7.4. La eficiencia del cableado.

Tanto en la zona de corriente continua como en la parte de corriente alterna (desde la salida de los inversores hasta la conexión a red) de las instalaciones se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se van a reducir durante la fase de diseño, mediante un correcto dimensionado, considerando que la sección de los conductores sea suficiente en función de la corriente que por ellos circula.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión la caída de tensión máxima será del 1,5%. En la instalación las pérdidas serán considerablemente menores puesto que se usarán secciones de cable superiores a las mínimas exigidas, precisamente para disminuir las pérdidas de potencia. Estimaremos entonces un valor de 1%

### **7.5. Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.**

A pesar de que los módulos fotovoltaicos se producen mediante un proceso industrial, no son todos idénticos, ya que se componen de células fotovoltaicas que son por definición distintas unas de otras.

Esto implica que el valor de la potencia que pueden entregar de modo individual va a presentar una distorsión. El fabricante nos indica que es de un 5%.

Una vez instalado el panel fotovoltaico, a la intemperie, será inevitable que se vaya depositando el polvo y la suciedad sobre la superficie del mismo. Un valor típico para las pérdidas por suciedad puede ser un 2% para una localización como la de esta instalación, en la que no abunda polvo en suspensión.

### **7.6. Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.**

El inversor fotovoltaico va a trabajar conectado directamente al generador, con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador.

Este punto de máxima potencia cambia con las condiciones ambientales (irradiación y temperatura). En condiciones normales de operación se van a producir interferencias sobre la potencia producida por el generador (suciedad, nubes, etc...). Esto provocará saltos en la curva Intensidad-Voltaje de la célula y por tanto del generador. Sin embargo el inversor SMA Tripower 15000TL dispone de seguidores de máxima potencia independiente para cada cadena y este tipo de pérdidas se ven minimizadas.

Los valores típicos se encuentran alrededor del 1%.

### **7.7. La eficiencia energética del inversor.**

El funcionamiento de los inversores fotovoltaicos se define mediante una curva de rendimiento en función de cuál sea la potencia de operación. El rendimiento europeo para los inversores SMA STP 15000TL-10 es 97,8%.

### 7.8. Pérdidas por explotación y mantenimiento.

Durante la operación de un generador fotovoltaico es necesario realizar una serie de trabajos relacionados con el mantenimiento preventivo de la instalación. Estos trabajos pueden traer consigo en algún caso la parada de elementos clave en la generación de electricidad, como pueden ser los inversores. Del mismo modo, se van a producir averías o condiciones de mal funcionamiento en equipos de manera que cuanto mayor sea el tiempo de sustitución o reparación de los equipos, mayor será su incidencia sobre la producción eléctrica.

Estas pérdidas se aproximarán en un 3%.

## 8. Cálculo de la producción anual esperada.

Para el cálculo de la producción anual esperada primero se debe calcular el PR que es el rendimiento de la instalación. En la tabla XII se muestra el resultado del rendimiento de cada apartado con las pérdidas mencionadas en la sección anterior para cada uno.

RENDIMIENTO		PR
Cableado	0,9	0,76
Dispersión paneles	0,95	
Polvo y suciedad	0,98	
Seguimiento PMP	0,99	
Inversor	0,97	
Explotación y mantenimiento	0,97	
Inclinación y orientación	0,96	

Tabla XII. Rendimiento de la instalación (Temperatura no incluida).

Para calcular las pérdidas debidas a la temperatura de operación de la célula se utiliza la ecuación 7.3 y 7.4 junto con los valores de temperatura media anual mostrados en la tabla XI.

TEMPERATURA MEDIA	Tc	% Temperatura	PR
-------------------	----	---------------	----

Enero	12,8	41,5	0,94	0,712
Febrero	13,2	41,9	0,94	0,711
Marzo	14,0	42,7	0,94	0,709
Abril	14,4	43,1	0,94	0,708
Mayo	15,7	44,4	0,93	0,704
Junio	17,6	46,3	0,93	0,699
Julio	15,6	44,3	0,93	0,704
Agosto	16,4	45,1	0,93	0,702
Septiembre	16,4	45,1	0,93	0,702
Octubre	15,0	43,7	0,93	0,706
Noviembre	13,2	41,9	0,94	0,711
Diciembre	11,3	40,0	0,95	0,716

Tabla XIII. Rendimiento total de la instalación para cada mes.

Una vez calculado el PR para cada mes se obtiene la energía inyectada a la red para cada mes con la inclinación elegida sustituyendo en la ecuación 6.1.

Energía inyectada Kwh		Anual
Enero	1721,98	20328,16
Febrero	1668,89	
Marzo	2116,24	
Abril	1921,34	
Mayo	1937,61	
Junio	1851,85	
Julio	2021,89	
Agosto	-----	
Septiembre	1974,15	
Octubre	1983,97	
Noviembre	1607,80	
Diciembre	1522,43	

Tabla XIV. Energía inyectada.

Con el coste actual por kWh y suponiendo que la potencia instalada en el generador cubre el consumo de la Nave 4 anualmente se ahorrarían 612,4 € pero debido a la legislación española vigente que no permite el uso de acumuladores no podemos asegurar que se cubra la demanda energética en todo momento. Además, también se retira la antigua retribución económica recibida por inyectar a la red la energía sobrante. Estos dos hechos hacen que la instalación no sea viable por lo que no se realizará un estudio de viabilidad.

## **9. Bibliografía.**

- Pliego de condiciones técnicas de la IDAE.
- Catálogos Artesa.
- Datos del servicio de mecánica SEGAI.
- Código Técnico de la Edificación
  
- Guía Completa de la Energía Solar Fotovoltaica (Adaptada al CTE). José M. Fernández Salgado.
  
- Referencias sobre autoconsumo de energía eléctrica en la normativa vigente. IDAE febrero 2012.
  
- Principios del dimensionamiento de proyectos de energía solar fotovoltaica.



# ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**ANEXO II. Cálculos eléctricos**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

<b>1. Introducción</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Características eléctricas de los equipos</b>	<b>Pág. 1</b>
2.1. Módulos fotovoltaicos	<b>Pág. 1-2</b>
2.2. Inversor	<b>Pág. 2</b>
<b>3. Cálculo de cableado</b>	<b>Pág. 3-11</b>
3.1. Corriente Continua	<b>Pág. 4</b>
3.1.1. Cadena de módulos – Inversor	<b>Pág. 4</b>
3.2. Corriente Alterna	<b>Pág. 9-11</b>
3.2.1. Inversor –Cuadro de protección CA	<b>Pág. 9-10</b>
3.2.2. Cuadro de protecciones CA-Caja de Protección y Medida (CPM)	<b>Pág. 10-11</b>
<b>4. Tubos y canalizaciones</b>	<b>Pág. 11</b>
<b>5. Protecciones</b>	<b>Pág. 11-14</b>
5.1. Protecciones en corriente continua	<b>Pág. 11-12</b>
5.2. Protecciones en corriente alterna	<b>Pág. 12-14</b>
<b>6. Puesta a tierra</b>	<b>Pág. 14-15</b>
6.2. Conductores de tierra	<b>Pág. 15-16</b>
<b>7. Conexión a la red</b>	<b>Pág. 16</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>Pág. 16</b>



## 1. Introducción.

Este anexo refleja los diferentes cálculos efectuados en lo relativo a la red eléctrica de baja tensión de la instalación fotovoltaica. Los cálculos comprenden el dimensionado de conductores, recubrimientos, canalizaciones, puesta a tierra y protecciones.

Todo ello siguiendo las directrices de las siguientes normativas:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) RD 842/2002
- Guía de las Normas UNE del REBT
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) del REBT
- Pliego de condiciones IDAE de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red (julio 2011).
- Real Decreto 1663/2000
- Real Decreto 1669/2011

## 2. Características eléctricas de los equipos.

### 2.1. Módulos fotovoltaicos.

Cada cubierta tiene 22 módulos conectados en serie de 11 formando un string en paralelo con el otro. Al tratarse de dos cubiertas la instalación constará de 2 strings en paralelo, cada uno con 11 módulos en serie. Cada cadena irá conectada directamente a las entradas del inversor. Esta conexión directa permite por un lado el ahorro de las cajas de conexiones que conecten los strings entre sí. De esta manera prescindimos de elementos en la instalación y además se disminuyen las pérdidas energéticas aprovechando los dos seguidores de máxima potencia del inversor.

Características	Módulo A 315 M
Potencia nominal	315 W
Eficiencia del módulo	16,19%
Corriente punto de Máxima Potencia (Imp)	8,45 A

Tensión punto de Máxima Potencia (Vmp)	37,30 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	8,97 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	45,72 V

Tabla I. Especificaciones del módulo.

## 2.2. Inversor.

Se empleará un único inversor STP Tripower 15000TL de 15 kW de potencia e inyección trifásica.

Existe plena compatibilidad entre las cadenas de módulos y el inversor. Los valores citados servirán para el cálculo de la sección de cableado y para establecer las protecciones eléctricas necesarias en la instalación. El inversor no posee separación galvánica por transformador de aislamiento, pero tal y como indica el Art 15. RD1699/2011 acerca del inversor para instalaciones de autoconsumo:

*“La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable. “*

El inversor dispone de un sistema homologado que hace la misma función.

Características	Sunny Tripower 15000TL
Potencia máxima de CC	15340 W
Tensión de entrada máxima	1000 V
Rango de tensión del PMP con una tensión de red de 230 V/ tensión asignada de entrada	360 V- 800 V/ 600 V
Tensión de entrada mín / tensión de entrada de inicio	150 V / 188 V

Corriente máxima de entrada	33 A
Corriente máxima de entrada por string	40 A
Potencia de los módulos (44x315 w)	13,86 kW < 15,34 kW
Tensión de cada string en serie	410,3 V
Intensidad de cada string en paralelo	17,94 A

Tabla II. Especificaciones del inversor.

### 3. Cálculo de cableado.

Esta sección comprenderá el cálculo de la sección de los conductores bajo lo indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna.

El conductor de baja tensión que se utilizará en la totalidad de la instalación será del tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90°, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.030.

Para ello se utilizarán dos criterios: criterio de la intensidad máxima admisible (calentamiento) y criterio de la caída de tensión. Finalmente se escogerá la mayor sección entre los dos criterios. Todo ello se realizará siguiendo las directrices en el ITC-BT-19, ITC-BT-40 y en el Pliego de Condiciones del IDAE.

a) Criterio de la intensidad máxima admisible o sobrecalentamiento:

Debido a la resistividad del material conductor, cobre en nuestro caso, el paso de corriente genera una disipación de calor que puede llegar a deteriorar el aislamiento del cable. Por ello se debe llevar a cabo el dimensionado para una intensidad superior al 125% de la intensidad máxima de la línea, cumpliendo con lo indicado en la ITC-BT 40 para instalaciones generadoras.

Con dicho valor, se establece la sección adecuada a partir de la tabla 1 de la ITC-BT-19.

b) Criterio de la caída de tensión:

La pérdida de potencia a lo largo del conductor lleva asociada una caída de potencial. La intensidad de dimensionamiento es en este caso la de máxima potencia. En el pliego de condiciones técnicas de IDAE, se especifica que la caída máxima en la parte CC debe ser inferior al 1,5 % y en la parte CA inferior al 2 %.

Corriente continua/monofásica:

$$S = \frac{2 * I * L}{c * \Delta V} \quad (3.1)$$

Corriente alterna trifásica:

$$S = \frac{L * I_{nominal}}{\Delta V * c} \quad (3.2)$$

Dónde:

$S$ : Sección de conductor (mm<sup>2</sup>)

$I_{nominal}$ : Intensidad de corriente que atraviesa el cable (A).

$L$ : Longitud del conductor (m)

$V$ : Tensión en el conductor (V)

$\Delta V$ : Caída de tensión (1,5 ó 2% de U) (V)

$c$ : Conductividad eléctrica del cobre. (56 m/Ωmm<sup>2</sup>)

La caída de tensión viene dada por:

$$\Delta V = cp * V \quad (3.3)$$

Donde:

$cp$ : Porcentaje de caída de tensión.

### **3.1. Corriente Continua.**

#### **3.1.1. Cadena de módulos – Inversor.**

La zona de corriente continua corresponde al tramo entre las cadenas de módulos fotovoltaicos y el inversor.

Para hallar la intensidad nominal se utilizará el criterio del 125% de la intensidad máxima dada por el “Pliego de condiciones de la IDAE”.

$$I_{nominal} = I_{mp} * 1.25 \quad (3.4.1)$$

$$I_{nominal} = I_{sc} * 1.25 \quad (3.4.2)$$

Teniendo una intensidad máxima de salida del módulo fotovoltaico de 8.45 A y aplicando el 125% la intensidad nominal es del orden de 10.5625 A para cada uno de los cuatro bloques ya que todos los strings tienen el mismo número de módulos en serie.

Por otro lado para hallar la caída de tensión, se deberá hallar la tensión máxima en la rama. Para ello tomaremos el valor de tensión máxima por módulo de 37.30 V, sabiendo que hay 11 módulos por string la tensión máxima por rama es de 410.3 V. En cuanto a la caída de tensión, el ITC-BT-40 da una limitación del 1.5% en la parte de corriente continua. Para el cálculo se tomará la mitad (0.75%) de caída de tensión máxima en los circuitos de corriente continua. Por lo tanto aplicando la ecuación 3.3, la caída de tensión para cada string en serie es de 3.1 V por tramo. Finalmente utilizando la tabla 1 presente en la ITC-BT-19 tomaremos las secciones más cercanas de secciones de cables normalizadas.

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

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

Figura I. Secciones normalizadas ITC-BT-19.

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	49	2,98	4
Módulo 2	49	2,98	4
Módulo 3	49	2,37	4
Módulo 4	49	2,37	4

Tabla III. Secciones cableado corriente continua (criterio de caída de tensiones).

Para calcular las secciones tomando como referencia el criterio de cálculo por calentamiento deberemos tener en cuenta otro tipo de datos. Para ello tomaremos la intensidad no como la máxima sino como la intensidad de cortocircuito que es la máxima del módulo que en este caso es 8.97 A, aplicándole la ecuación 3.4.2 tendremos la intensidad nominal, 11.21 A.

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	49	3,16	4
Módulo2	49	3,16	4
Módulo 3	49	3,16	4
Módulo 4	49	3,16	4

Tabla IV. Secciones cableado corriente continua (criterio de calentamiento).

Ahora se analizará el tramo del CPGCC que corresponde a los 2 strings en paralelo. Para ello se tendrá en cuenta que la intensidad vendrá dada por:

$$I_{nominal} = I_{string} * n_{strings} \quad (3.5)$$

Donde:

$n_{strings}$ : Número de strings en paralelo.

$I_{string}$ : Intensidad que recorre cada string en serie.

La distancia entre el cuadro de protección de corriente continua y el inversor son 0,5 metros. Utilizaremos 2 metros para que no haya tirantez del cable ni falta de seguridad en ese tramo.

Siguiendo los criterios anteriores, tanto el de calentamiento como el de caída de tensión, la  $I_{string}$  corresponderá con  $I_{sc}$  o  $I_{mp}$ , respectivamente, multiplicado por el coeficiente de 125%.

Para el criterio de caída de tensión  $I_{nominal}$  es 21,125 A y para el caso de calentamiento  $I_{nominal}$  es de 22,425 A. Siguiendo el mismo procedimiento se obtienen la Tabla V y la Tabla VI.

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	2	0,24	1,5
Módulo 2	2	0,24	1,5
Módulo 3	2	0,24	1,5
Módulo 4	2	0,24	1,5

Tabla V. Secciones cableado corriente continua string paralelo (criterio de caída de tensiones).

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	2	0,26	1,5
Módulo 2	2	0,26	1,5
Módulo 3	2	0,26	1,5
Módulo 4	2	0,26	1,5

Tabla VI. Secciones cableado corriente continua string paralelo (criterio de calentamiento).

#### 3.1.1.1. Intensidades admisibles.

Las intensidades admisibles de los conductores con aislamiento XLPE se encuentran en la tabla 1 de la ITC-BT-19. Sin embargo dicha tabla utiliza valores para una temperatura ambiente de 40°C.

Dado a que la cubierta de la instalación fotovoltaica va a recibir grandes dosis radiación solar, la temperatura ambiente de dimensionamiento deberá ser la mayor posible. Para ello se utilizarán los factores de corrección y las intensidades admisibles de la norma UNE 20460-5-523. Concretamente las tablas 52-C2, 52-C4, y 52-D1.

**Tabla 52 – D1**  
**Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre**

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

\* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

Figura II. Factores de corrección para temperaturas ambientes diferentes de 30 ° C.

Utilizando la tabla 52-D1 el factor de corrección a aplicar a los valores de intensidades admisibles para una temperatura ambiente de 70°C es de 0.58. Este factor de corrección da lugar a unas nuevas dimensiones debido al aumento en la intensidad.

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	49	5,14	6
Módulo2	49	5,14	6
Módulo 3	49	5,14	6
Módulo 4	49	5,14	6

Tabla VII. Secciones cableado corriente continua con factor de corrección (criterio de caída de tensiones).

String	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
Módulo 1	49	5,46	6
Módulo 2	49	5,46	6
Módulo 3	49	5,46	6
Módulo 4	49	5,46	6

Tabla VIII. Secciones cableado corriente continua con factor de corrección (criterio de calentamiento).

CPGCC	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
	2	0,42	1,5

Tabla IX. Secciones cableado corriente continua string paralelo con factor de corrección (criterio de caída de tensiones).

CPGCC	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
	2	0,45	1,5

Tabla X. Secciones cableado corriente continua string paralelo con factor de corrección (criterio de calentamiento).

### 3.2. Corriente Alterna.

Este estudio comprenderá los tramos desde la salida del inversor hasta la caja de protección y medida de la instalación.

Los conductores que se utilizarán en esta parte de la instalación, al tratarse de un sistema trifásico, serán tres de fase y uno de neutro, de tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90°, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.123. El cable será multiconductor.

Los criterios a cumplir serán exactamente los mismos que en la parte de corriente CC, sobrecalentamiento y caída de tensión hasta un valor de 2%.

#### 3.2.1. Inversor –Cuadro de protección CA.

Del inversor saldrá una línea trifásica hasta la caja de protecciones de corriente alterna. La longitud del cableado entre ellos será muy pequeña, por lo que la caída de tensión será también muy pequeña. En este caso serán 4 conductores (3 fase + neutro).

Para este apartado, se calculará la sección del cableado del circuito de corriente alterna, que viene dado por:

$$S = \frac{\sqrt{3} * \cos \varphi * I * L}{c * \Delta V} \quad (3.6)$$

A la salida del inversor tendremos una única línea con una intensidad máxima de 16 A tal y como aparece en sus especificaciones técnicas.

Además, tendremos que aplicar el coeficiente de seguridad del 125% que marca ITC-BT-40 para instalaciones generadoras, por lo que la intensidad nominal será de 20 A.

Sabiendo que los cables irán aislados con XLPE dentro de canalizaciones superficiales sobre pared durante su recorrido, se verifica la sección mínima del conductor en ITC-BT-19 (tabla 1). No se aplicará corrección por temperatura. En este caso la exposición a altas temperaturas es menor al no estar expuesta la línea directamente al sol. La línea se encuentra dentro del armario que albergará al inversor y la caja de protecciones. Consideraremos suficientes los 40°C de la tabla 1 ITC-BT-19.

Utilizando la ecuación 3.3, con una tensión de salida dada por el fabricante de 400 V y una caída de tensión del 1%. La caída de tensión en el cableado de corriente alterna es de 4 V.

Para hallar la sección de cable desde el inversor al CPGCA se utilizará la ecuación 3.6 siguiendo los dos criterios anteriormente expuestos. La caída de tensión en el tramo vendrá dada por el pliego de condiciones del IDAE que estipula una caída de tensión máxima del 2% en el lado de corriente alterna. Para ese proyecto se tomará una caída de tensión del 1%. Al tratarse de una longitud muy pequeña (2m) la sección necesaria para transportar la potencia hasta la caja de protección es muy baja.

	Longitud del cableado (m)	Sección calculada	Sección normalizada ITC-BT-19
<b>CPGCA</b>	2	0,53	1,5

Tabla XI. Sección cableado CA.

### 3.2.2. Cuadro de protecciones CA-Caja de Protección y Medida (CPM).

Desde el cuadro de protecciones de CA sale una línea hasta la caja protección y medida, ubicada al lado del centro de transformación. Esta línea se dimensionará para la misma intensidad máxima que en el apartado anterior y la misma longitud.

La nueva línea única tendrá como intensidad máxima la misma que en el apartado anterior 3.2.1, es decir, la intensidad nominal máxima a la salida del inversor.

## 4. Tubos y canalizaciones.

Los cables serán conducidos en todo momento en el interior de tubos de PVC, ya sea al aire libre sujetos a pared o bien enterrados. Para el dimensionado de los tubos se atenderá a las instrucciones de ITC-BT-21.

Zona de continua: 3 conductores por tubo (positivo, negativo, tierra).

Zona de alterna: 4 conductores por tubo (3 fases, neutro).

Tramo	Sección conductor	Nº de conductores	Diámetro del tubo
Módulos-CPGCC	6 mm <sup>2</sup>	3	
CPGCC-Inversor	1.5 mm <sup>2</sup>	3	
Inversor-CPGCA	1.5 mm <sup>2</sup>	4 (RSTN)	
CPGCA-CPM	1.5 mm <sup>2</sup>	4 (RSTN)	

Tabla XII. Diámetro de tubos conductores en la instalación.

## 5. Protecciones.

### 5.1. Protecciones en corriente continua.

Cada cadena irá conectada a un cuadro de protecciones que contendrán dos fusibles, uno para cada polaridad, y un seccionador de carga que permita aislar el conjunto de módulos respecto al inversor.

Para la elección de los fusibles adecuados nos guiaremos por lo establecido para la elección de interruptores magnetotérmicos en el apartado 5.2.1. a) de este anexo.

Sabiendo que la intensidad máxima que circulará por esta línea es 8,97 A y la intensidad admisible del cable es 21,25 A escogeremos unos fusibles de 15A. Además la tensión máxima será de 725V así que los fusibles elegidos serán de 1000V.

Todos los elementos que se utilizarán cumplen el nivel de protección y de aislamiento adecuado, además de que los propios inversores SMA Tripower 15000TL traen incorporados sus propias protecciones contra las sobrecargas y contra el fallo de aislamiento (Fusibles, protección contra polarización inversa, seccionador de carga de CC).

## **5.2. Protecciones en corriente alterna.**

A la salida del inversor, en la caja de protecciones, se instalarán protecciones contra sobreintensidades y contra contactos indirectos. Para ello se utilizarán interruptores automáticos magnetotérmicos e interruptores automáticos diferenciales.

a) Interruptor magnetotérmico.

La sobrecarga es el exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento, una avería o una demanda excesiva de carga. Una sobrecarga no despejada a lo largo del tiempo puede degenerar en cortocircuito. El efecto principal de una sobrecarga es el calentamiento de los conductores a temperaturas no admisibles, provocando el deterioro de los mismos y de sus aislantes, y reduciendo su vida útil.

El objetivo final de protección contra sobrecargas es permitir aquellas que correspondan a un servicio normal, pero desconectándolas con antelación para que no se sobrepase el tiempo de sobrecarga admisible.

Las características del equipo de protección contra sobrecarga deberán cumplir con las dos siguientes condiciones atendiendo a la norma UNE 20.460-4-43:

$I_{\text{diseño}} \leq I_{\text{nominal dispositivo}} \leq I_{\text{admisible de la línea}}$

La intensidad máxima que circulará por el conductor en esta parte de la instalación (CA) será  $I=16$  A. A la entrada del cuadro de protección nos encontramos con una sección de  $6 \text{ mm}^2$  y a la salida una sección de  $1,5 \text{ mm}^2$ . Al elegir la protección atenderemos a los valores de intensidad de la sección menor, de esta manera nos aseguramos de proteger la integridad de ambas secciones. La intensidad admisible por el cable de  $1,5 \text{ mm}^2$  es de  $I_{ca} = 20$  A, por lo que aplicando el criterio anteriormente establecido, la intensidad nominal del interruptor magnetotérmico será:

$$16A < I_{\text{nominal}} < \approx 60 \text{ A}$$

Escogeremos un interruptor magnetotérmico de 20 A para este tramo de la instalación debido a que la sección se dimensionó para 20 A y se eligió una sección normalizada considerablemente mayor, por lo que la intensidad admisible es bastante elevada.

b) Interruptor automático diferencial.

En la protección contra corrientes corporales peligrosas, se diferencia entre contacto directo e indirecto (ITC-BT-24). Los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la norma UNE 20.460-4-41. La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Para la protección contra contactos directos se va a emplear materiales con todas sus partes activas aisladas. La protección contra contactos indirectos consiste en tomar las medidas destinadas para proteger a las personas para que no entren en contacto con las masas puestas accidentalmente bajo tensión como consecuencia de un defecto de aislamiento. Para la protección contra contactos indirectos se va a emplear un interruptor automático diferencial.

En el cuadro de protección de CA aparte del interruptor magnetotérmico instalaremos un interruptor automático diferencial, cuya intensidad nominal será la misma que la del magnetotérmico y su sensibilidad dependerá de la resistencia a tierra de la instalación, calculada en el apartado 6.1 de este anexo. Para calcular la sensibilidad del interruptor diferencial ( $I_s$ ) habrá que hallar la intensidad residual ( $I_r$ ) ya que debe cumplirse  $I_s < I_r$ . Atendiendo al ITC-BT-18 la intensidad residual es:

$$I_r = V/R_t \tag{5.1}$$

Donde:

$I_r$ : Intensidad residual.

$R_t$ : Resistencia a tierra.

Sustituyendo en la ecuación 5.1 con el valor de  $R_t$  obtenido en la sección 6.1 de este anexo y tomando  $V$  como 24 V se obtiene:

$$I_r = \frac{V}{R_t} = \frac{24 V}{25 \Omega} = 0,96 A$$

El interruptor automático diferencial tendrá una sensibilidad inferior a los 960mA. Se escogerá uno de 30mA.

## **6. Puesta a tierra.**

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Art. 15 del Real Decreto 1669/2011 y en ITC-BT-18 del REBT.

En este apartado se detallará la instalación de puesta a tierra, especificando el conjunto de conexiones y dispositivos necesarios para poner a tierra las masas, se incluirá por tanto la propia toma de tierra y los conductores de protección que conectan las masas a las distintas partes de la instalación asegurándose que las masas o elementos que interconecta tengan el mismo potencial en todo momento.

La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica tendrá que ser distinta de la puesta a tierra de la instalación eléctrica actual de las naves.

### **6.1. Tomas de tierra.**

Las tomas de tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, de asegurar la actuación de las protecciones y de eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado. Así pues, la instalación de puesta a tierra se considerará como un circuito de protección paralelo a la instalación eléctrica, con el fin de proteger a las personas que puedan estar en contacto con masas que pueden ponerse accidentalmente bajo tensión.

Los electrodos de puesta a tierra serán los encargados de introducir en el terreno las corrientes de falta o de origen atmosférico canalizadas a través de la instalación de protección. Para lograr este objetivo hay que conseguir que la unión electrodo-terreno sea lo mejor posible, porque sólo de ella depende este valor que denominamos resistencia de puesta a tierra. Esta resistencia a tierra se calculará dependiendo del material del electrodo utilizado en la puesta a tierra. En esta instalación se utilizará como electrodos las picas, por lo que según la tabla 5 del ITC-BT-18 la resistencia a tierra será:

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

(6.1)

Donde:

$\rho$ : Resistividad del terreno (valor de  $50\Omega\text{m}$  para terraplenes compactos y húmedos).

$L$ : Longitud de la pica (2m).

Dando como resultado  $R_t=25\Omega$ , valor aceptable dado que es inferior al valor estipulado de  $37\Omega$  en ITC-BT-18 para edificaciones sin pararrayos.

## 6.2. Conductores de tierra.

El conductor de tierra que se utilizará en la toma de tierra será del tipo aislado con tensión asignada no inferior a  $0,6/1\text{kV}$ , temperatura máxima de  $90^\circ$ , con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.030.

La determinación reglamentaria de la sección de los conductores de tierras se determina en relación de las secciones de los conductores de fase de la instalación. Esta relación viene expresada en la tabla 2 del REBT BT-18.

Los conductores de los módulos fotovoltaicos tendrán una sección de  $6\text{ mm}^2$ , por lo que si atendemos a la tabla la sección mínima de los conductores de protección que unirán los módulos y la estructura soporte será de  $S = 6\text{ mm}^2$ .

La sección mínima del conductor de protección de la línea principal de tierra vendrá en función de la sección del conductor que irá desde el cuadro de protección hasta la caja de protección y

medida. La sección de este conductor será de  $1,5 \text{ mm}^2$ , por lo que según la tabla, la línea principal de tierra tendrá una sección mínima de  $S = 1,5 \text{ mm}^2$ .

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Figura III. Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase.

## 7. Conexión a la red.

Según el RD 1699/2011 la conexión a la red para instalaciones de pequeña potencia como nuestro caso se puede realizar en la propia red interior del usuario. Para ello se empleará un contador bidireccional que se encargará por un lado de medir la energía consumida y vertida a la red y por otro lado será el encargado de tomar energía de la red cuando la producción fotovoltaica sea insuficiente para la demanda de potencia de las naves en un momento dado.

## 8. Bibliografía.

- ITC-BT-18 del REBT.
- ITC-BT-40 del REBT.
- ITC-BT-19 del REBT.
- ITC-BT-21 del REBT.
- Pliego de condiciones técnicas baja temperatura.



# ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**ANEXO III. Estudio de seguridad y salud**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

<b>1. Objeto</b>	<b>Pág.1</b>
<b>2. Descripción de la obra</b>	<b>Pág. 1-2</b>
2.1. Trabajos presentes	<b>Pág.1</b>
2.2. Comienzo de las obras	<b>Pág. 1-2</b>
2.3. Mano de obra utilizada	<b>Pág.2</b>
<b>3. Medicina preventiva</b>	<b>Pág. 2</b>
<b>4. Formación en prevención</b>	<b>Pág. 2-3</b>
4.1. Normativa aplicable	<b>Pág. 3</b>
<b>5. Servicios higiénicos.</b>	<b>Pág. 3</b>
<b>6. Sistemas de protección individual</b>	<b>Pág. 3-4</b>
<b>7. Sistemas de protección colectivos</b>	<b>Pág. 4-5</b>
<b>8. Señalización</b>	<b>Pág. 5</b>
<b>9. Medidas preventivas</b>	<b>Pág. 5-12</b>
9.1. Prescripciones de seguridad	<b>Pág. 6</b>
9.1.1. Obligaciones de los trabajadores	<b>Pág. 6</b>
9.2. Trabajos en montaje de índole industrial	<b>Pág. 6-7</b>
9.2.1. Carga y descarga de maquinaria y materiales	<b>Pág. 7</b>
9.2.2. Ubicación de máquinas y materiales	<b>Pág. 7</b>
9.3. Montaje de instalaciones eléctricas	<b>Pág. 7-9</b>

9.3.1. Montaje de soportes y colocación de bandejas	<b>Pág. 7-8</b>
9.3.2. Montaje de los tubos de protección y sus sujeciones	<b>Pág. 8</b>
9.3.3. Tendido de cables	<b>Pág. 8-9</b>
9.3.4. Montaje y conexión de los equipos eléctricos	<b>Pág. 9</b>
9.4. Máquinas-herramientas	<b>Pág. 9-10</b>
9.4.1. Taladro de mano	<b>Pág. 9-10</b>
9.4.2. Pistolas clavadoras	<b>Pág. 10</b>
9.4.3. Equipos de soldadura eléctrica	<b>Pág. 10</b>
9.5. Manipulación de cargas	<b>Pág. 10-11</b>
9.5.1. Carga y descarga manual	<b>Pág. 11</b>
9.5.2. Transporte de la carga	<b>Pág. 11</b>
9.6. Trabajos con maquinaria	<b>Pág. 11</b>
9.6.1. Plataforma elevadora telescópica	<b>Pág. 11-12</b>
9.7. Trabajos con escalera simple	<b>Pág. 12</b>
9.7.1. Manejo de las escaleras	<b>Pág. 12</b>
9.7.2. Colocación de las escaleras	<b>Pág. 12</b>
9.7.3. Utilización de la escalera	<b>Pág. 12</b>

## **1. Objeto.**

En este anexo se estudiarán los posibles puntos donde resida un peligro especial en la realización del trabajo. Además se darán las posibles soluciones para suprimir estos escenarios peligrosos durante la elaboración del trabajo.

Todas las soluciones descritas en este anexo satisfarán las premisas expuestas en el RD 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Aplicando este documento el contratista deberá elaborar un plan de seguridad y salud que sea aplicable a los integrantes y los ejecutores de la obra. Dicho plan deberá ser aprobado por un coordinador de seguridad y salud antes del inicio de la obra.

## **2. Descripción de la obra.**

La finalidad de este anexo se situará en la instalación fotovoltaica de 13,86 kW presente en la cubierta de la Nave 4 de Ingeniería situada en los alrededores de la Facultad de Informática de la Universidad de La Laguna.

### **2.1. Trabajos presentes.**

Los trabajos que se realizarán en la cubierta del centro comercial son los siguientes:

- Adecuación del campo solar.
- Montaje e instalación de la estructura soporte.
- Montaje de los módulos fotovoltaicos en la estructura.
- Montaje e instalación del inversor y las protecciones.
- Montaje del cableado.
- Puesta a tierra de la instalación.
- Instalación del equipo de medida.

### **2.2. Comienzo de las obras.**

Anteriormente a la realización de trabajos, se celebrará una reunión entre el Contratista y el Director de Obra. En ella se determinarán las formas y los modos de instalación así como las medidas de seguridad.

Una vez terminada esta reunión se notificará al Director de obra el entendido para que dé comienzo la obra en la fecha estipulada anteriormente.

### **2.3. Mano de obra utilizada.**

El total de trabajadores presentes en la obra es 8. Los diferentes trabajadores son los siguientes:

- Jefe de obra.
- Técnico de calidad y medio ambiente.
- Técnico de prevención de riesgos laborales.
- Oficial de 1ª.
- Dos peones.
- Oficial 1ª electricista.
- Ayudante electricista.

### **3. Medicina preventiva.**

Satisfaciendo las premisas impuestas por la ley de prevención de riesgos laborales, todo el personal relacionado con la obra deberá haberse sometido en el plazo máximo de un año a un reconocimiento médico específico a su puesto de trabajo.

En el caso de que el personal sea de nueva incorporación se le realizará un reconocimiento médico previo.

Se procederá a colocar un cartel en un lugar visible de la obra donde vengan impresos los teléfonos y direcciones de los servicios de emergencia.

### **4. Formación en prevención.**

Los trabajadores presentes en la ejecución de la obra deberán estar enterados de los riesgos presentes y de las medidas adoptadas en el plan de seguridad y salud.

#### **4.1. Normativa aplicable.**

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.
- RD 485/1997 de 14 de abril, sobre señalización de seguridad en el trabajo.
- RD 486/1997 de 14 de abril, sobre seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 487/1997 de 14 de abril, sobre manipulación de cargas.
- RD 773/1997 de 30 de mayo, sobre utilización de equipos de protección individual.
- RD 39/1997 de 17 de enero sobre reglamento de los servicios de prevención.
- RD 1215/1997 de 18 de julio, sobre utilización de equipos de trabajo.

#### **5. Servicios higiénicos.**

La obra debe de disponer un vestuario adecuado. Los mismos deberán ser de fácil acceso y tener las dimensiones adecuadas.

En el caso de que se manejen sustancias peligrosas se dispondrán armarios para separar la ropa de trabajo de la ropa normal.

En cualquiera de los casos se utilizarán armarios bajo llave para que el trabajador pueda colocar sus efectos personales durante su jornada laboral.

#### **6. Sistemas de protección individual.**

Los elementos de protección individual se dispondrán cuando existan riesgos que no pueden ser subsanados con el plan de protección colectiva.

Dichos elementos cumplirán lo estipulado en el RD 773/1997.

Las protecciones individuales utilizadas serán las siguientes:

- Cascos
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Mascarillas.
- Protectores auditivos.
- Cinturones de seguridad.
- Cinturón anti-vibratorio.
- Monos.
- Trajes de agua.
- Mandil de cuero.
- Guantes de goma (para el hormigonado si fuera necesario).
- Guantes de cuero para el manejo de materiales.
- Guantes dieléctricos.
- Botas de agua.
- Botas de seguridad de clase III.
- Botas dieléctricas.

## **7. Sistemas de protección colectivos.**

Las medidas utilizadas son las siguientes:

- La zona de trabajo debe de permanecer limpia e iluminada en todo momento.

- Las herramientas deberán estar en su puesto de colocación en todo momento, con el fin de no provocar accidentes derivados de su mala colocación.
- Los caminos de evacuación y las salidas de emergencias deberán permanecer libres de obstáculos en todo momento, con el fin de que en un momento de emergencia no se produzcan taponamientos.

## **8. Señalización.**

Este apartado deberá satisfacer lo dispuesto en el RD 485/1997 y la obra constará con las siguientes señalizaciones:

- Señales de STOP en las salidas de los vehículos.
- Señales de obligatoriedad del uso de cascos, cinturón de seguridad, gafas, mascarillas, protectores auditivos, botas y guantes.
- Señales de riesgo eléctrico.
- Señales de caída de objetos.
- Señales de caída a distinto nivel.
- Señales de maquinaria en movimiento.
- Señales de prohibido el paso a toda persona ajena a la obra.
- Señales de localización del botiquín y extintor.

## **9. Medidas preventivas.**

En este apartado se presentarán las identificaciones del riesgo y las diferentes medidas utilizadas en los siguientes aspectos:

- Prescripciones de seguridad.
- Trabajos en montajes de índole industrial.
- Montaje de instalaciones eléctricas.

- Maquinaria y herramientas.
- Manipulación de cargas.
- Trabajos con maquinaria.
- Trabajos con escalera simple.

### **9.1. Prescripciones de seguridad.**

Se realizará de forma generalizada la obligatoriedad de los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Guantes de seguridad.

Además el lugar de trabajo deberá estar dotado de extintor y botiquín.

#### **9.1.1. Obligaciones de los trabajadores.**

Las obligaciones deberán satisfacer lo impuesto en el artículo 29 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre

Los trabajadores deberán cumplir las siguientes obligaciones:

- Realizar la adecuada utilización de las máquinas y herramientas con las cuales desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección tanto presentes en las herramientas como los estipulados en el Plan de Seguridad y Salud.
- Informar de aquellos escenarios que presente motivos suficientes para un riesgo de la seguridad y salud de la actividad desarrollada.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

## **9.2. Trabajos en montaje de índole industrial.**

### **9.2.1. Carga y descarga de maquinaria y materiales.**

Para este apartado se utilizará lo estipulado en el apartado de manipulación de cargas.

### **9.2.2. Ubicación de máquinas y materiales.**

Las medidas preventivas utilizadas para la ubicación de máquinas y herramientas son las siguientes:

- Se delimitará la zona de trabajo de la máquina con el fin de prever daños a terceros.
- Se instalarán fuera de donde se encuentren cargas suspendidas.
- Los materiales se almacenarán en zonas habilitadas con ese fin.
- Las zonas de trabajo no interfieran unas con otras.
- La maquinaria se instalará en una zona de fácil aprovisionamiento.
- La zona de trabajo así como sus accesos estarán convenientemente iluminados, así como limpias y libres de obstáculos.

En el caso de los materiales y los restos de los mismos se presentarán las siguientes medidas preventivas:

- Los materiales están ubicados fuera de la zona de trabajo, así como lejos de lugares polvorientos.
- Los materiales se almacenarán con orden y en lugares destinados a tal fin de modo que no interfieran en la zona de trabajo.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.

## **9.3. Montaje de instalaciones eléctricas.**

### **9.3.1. Montaje de soportes y colocación de bandejas.**

- No se utilizará el lanzamiento de objetos, en caso de transportar elementos de construcción se utilizarán cuerdas de servicio.
- Los materiales se almacenarán con orden y en lugares destinados a tal fin de modo que no interfieran en la zona de trabajo.
- Para trabajos a partir de dos metros de altura se utilizará obligatoriamente el sistema anticaídas/línea de vida.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.
- En el caso de que se utilicen para su realización herramientas se cumplirá lo estipulado en el apartado de maquinaria y herramientas.
- Se tomarán medidas preventivas presentes en el apartado de trabajos con escaleras y andamios, cuando se requiera el uso de estos elementos.
- Los equipos, útiles y herramientas serán los adecuados y estarán en perfecto estado.

### **9.3.2. Montaje de los tubos de protección y sus sujeciones.**

- No se utilizará el lanzamiento de objetos, en caso de transportar elementos de construcción se utilizarán cuerdas de servicio.
- Para trabajos a partir de dos metros de altura se utilizará obligatoriamente el sistema anticaídas/línea de vida.
- Se tomarán medidas preventivas presentes en el apartado de trabajos con escaleras y andamios, cuando se requiera el uso de estos elementos.
- Los equipos, útiles y herramientas serán los adecuados y estarán en perfecto estado.
- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.

### **9.3.3. Tendido de cables.**

- Para trabajos a partir de dos metros de altura se utilizará obligatoriamente el sistema anticaídas/línea de vida.
- Se tomarán medidas preventivas presentes en el apartado de trabajos con escaleras y andamios, cuando se requiera el uso de estos elementos.
- El tendido se realizará de forma suave, evitando tirones bruscos, con el fin de que no se produzcan sobreesfuerzos en el cableado.
- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- Cuando sea necesario la utilización de escaleras se dispondrá de las medidas preventivas presentes en el apartado de trabajos con escalera simple.

#### **9.3.4. Montaje y conexión de los equipos eléctricos.**

- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- Los equipos, útiles y herramientas serán los adecuados y estarán en perfecto estado.
- Se tomarán medidas preventivas presentes en el apartado de trabajos con escaleras y andamios, cuando se requiera el uso de estos elementos.
- Las órdenes utilizadas sobre las maniobras a realizar se dispondrán de forma clara y precisa con el fin de no provocar atrapamientos.

### **9.4. Máquinas-herramientas.**

#### **9.4.1. Taladro de mano.**

- Será obligatorio el uso de gafas protectoras.
- La broca a utilizar corresponderá a la medida del taladro a realizar.
- Se evitará en lo posible la formación de polvo.

- Será de obligatoria comprobación el estado de los contactos eléctricos presentes en la herramienta.
- Los cambios de posición se realizarán con la máquina totalmente parada.
- En el uso de la herramienta se utilizarán protectores auditivos.
- No se realizarán trabajos con herramientas en recintos cerrados con peligro de explosión por materiales inflamables.

#### **9.4.2. Pistolas clavadoras.**

- Será obligatorio el uso de gafas protectoras.
- En el uso de la herramienta se utilizarán protectores auditivos.
- Las personas ajenas al trabajo se encontrarán fuera del alcance de la pistola clavadora. Se mantendrá el cañón del mismo hacia el suelo.
- Se asegurará la resistencia del material antes de efectuar el trabajo.
- No se realizarán trabajos con herramientas en recintos cerrados con peligro de explosión por materiales inflamables.

#### **9.4.3. Equipos de soldadura eléctrica.**

- Será obligatorio el uso de guantes, gafas, mandil y polainas del soldador. Además se picará la escoria de manera que salga despedida en sentido contrario al soldador.
- El generador se mantendrá alejado de la zona de trabajo, que en cualquier momento estará totalmente ventilada.
- Será de obligatoria comprobación el estado de los contactos eléctricos presentes en la herramienta.
- Se delimitará la zona de soldadura con pantallas incombustibles opacas para terceras personas.

### **9.5. Manipulación de cargas.**

### **9.5.1. Carga y descarga manual.**

- La zona de trabajo así como sus accesos se mantendrán debidamente iluminados.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- Para trabajos continuados será obligatorio el uso de cinturón anti lumbago.
- Se valorará la rectitud de la espalda al cargar con objetos así como situar la carga cerca del cuerpo.

### **9.5.2. Transporte de la carga.**

- Se valorará la rectitud de la espalda al cargar con objetos así como situar la carga cerca del cuerpo.
- Para trabajos continuados será obligatorio el uso de cinturón anti lumbago.
- Se utilizarán las palmas de las manos y las falanges de los dedos para soportar una carga.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y libre de obstáculos.
- En los casos en que se transporte entre dos o más operarios sólo uno será el responsable de la maniobra.

## **9.6. Trabajos con maquinaria.**

### **9.6.1. Plataforma elevadora telescópica.**

- El maquinista estará acreditado para la manipulación de este elemento y no deberá ser menor de edad.
- No se realizarán ajustes de la máquina con esta en movimiento.
- No libere los frenos de la máquina sin haber instalado antes los tacos de movilización.
- Se realizarán caminos alternativos para el paso de la maquinaria sin interrumpir en la zona de trabajo.

- El transporte de los elementos sobre la plataforma no debe impedir la visibilidad del conductor.
- Dispondrá de pórtico de seguridad antivuelco con cinturón de seguridad acoplado.

## **9.7. Trabajos con escalera simple.**

### **9.7.1. Manejo de las escaleras.**

- No se desplazará la escalera estando extendida.
- No se realizarán giros rápidos en su transporte.
- Las manos se colocarán fuera de la hoja descendente.

### **9.7.2. Colocación de las escaleras.**

- La base sobre el que se apoyará la escalera estará libre de obstáculos.
- La escalera se apoyará sobre un firme.
- La colocación de la escalera cuando está en uso será señalizada correctamente.
- Para realizar trabajos sobre la escalera, la posición más elevada del operario será aquella en la cual el extremo superior de la escalera se encuentre a la altura de su cintura.
- La escalera no se deberá montar a la salida de una puerta.

### **9.7.3. Utilización de la escalera.**

- El ascenso y descenso se realizará siempre con las manos libres.
- No se elevarán cargas superiores a 25 kg.
- Las escaleras no se utilizarán para realizar el paso entre dos puntos.
- No se utilizarán nunca con dos trabajadores simultáneamente.
- Nunca serán lanzados objetos desde la escalera.

ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**ANEXO IV. Ficha técnica módulo**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

**1. Módulo fotovoltaico A – 315 M**

**Pág.1-2**



# **+Ultra** *nueva gama*

➔ Módulo fotovoltaico  
**A-305M / A-310M / A-315M (TYCO 4.0)**



**+UltraTolerancia positiva**  
Positiva 0/+5 Wp

**+UltraCalidad**  
Anti Hot-Spot

**+UltraGarantía**  
10 años de garantía de producto

**+UltraFiabilidad**  
En el mercado desde 1979

**+UltraResistencia**  
Cristal templado de 4 mm

**+UltraTES**  
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único  
en el mercado,  
patentado por  
Atersa.



Características eléctricas (STC: 1kW/m<sup>2</sup>, 25°C±2°C y AM 1,5)\*

	A-305M	A-310M	A-315M
Potencia Nominal (0/+5 W)	305 W	310 W	315 W
Eficiencia del módulo	15,68%	15,94%	16,19%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,31 A	8,40 A	8,45 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,71 V	36,91 V	37,30 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,84 A	8,92 A	8,94 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,89 V	45,15 V	45,72 V

Parámetros térmicos

Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,03% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,34% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C

Características físicas

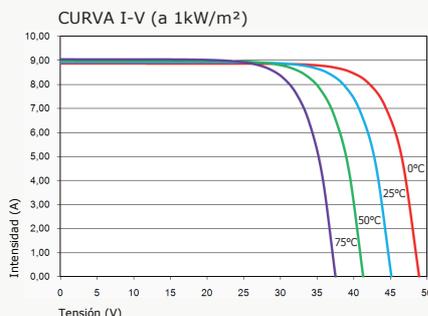
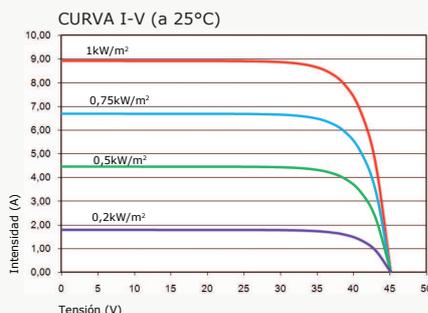
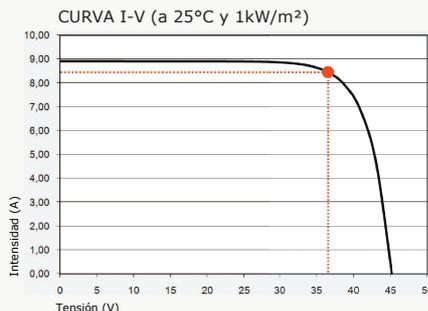
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (kg)	24
Área (m <sup>2</sup> )	1,95
Tipo de célula	Monocristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP65
Cables	Cable Solar 4 mm <sup>2</sup> 1200 mm
Conectores	TYCO

Rango de funcionamiento

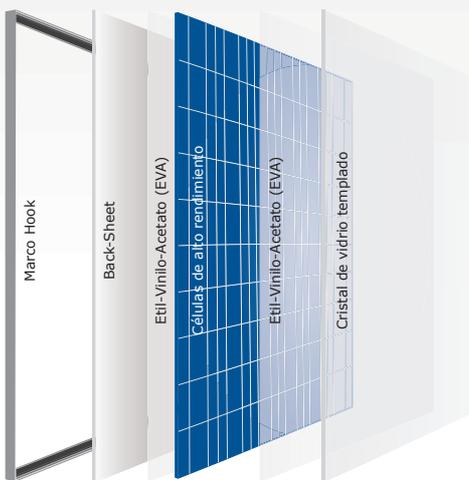
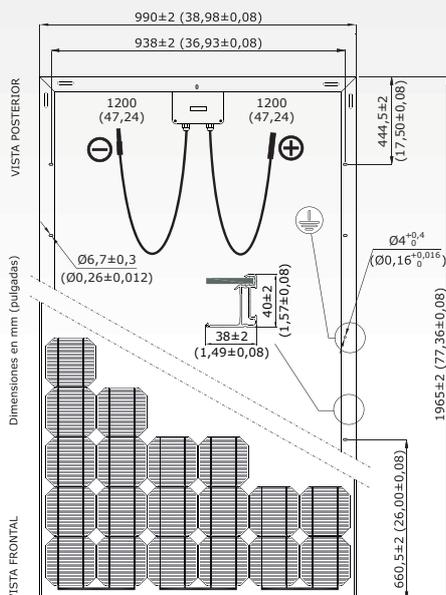
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m <sup>2</sup> )
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

\*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

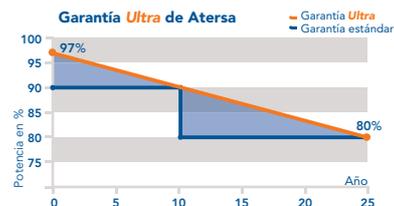
Curvas modelo A-310M



Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **680 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 21 cajas: **525 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 22 cajas: **550 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 9 cajas: **225 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 26 cajas: **650 paneles**



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

➔ [www.atera.com](http://www.atera.com) • [atera@elecnor.com](mailto:atera@elecnor.com)  
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 19/05/15  
Ref.: MU-6M (1) 6x12-E (TY 4.0)  
© Atersa SL, 2015



# ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**ANEXO V. Ficha técnica inversor**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

**1. Sunny Tripower**

**Pág.1-4**



# SUNNY TRIPOWER

## 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL



STP 10000TL-10 / STP 12000TL-10 / STP 15000TL-10 / STP 17000TL-10



### Rentable

- Rendimiento máximo del 98,2 %
- Mejor rendimiento de adaptación con la regulación MPP OptiTrac Global Peak de SMA
- Bluetooth

### Seguro

- Triple protección por la función Optiprotect:
  - Fusible de string eléctrico
  - Detección automática de fallos de string con aprendizaje continuo
  - Descargador de sobretensión de CC integrable (tipo II)

### Flexibilidad

- Tensión de entrada de CC hasta 1.000 V
- Funciones de gestión de red integradas
- Sistema de conexión de CC SUNCLIX

### Sencillo

- Inyección trifásica
- Conexión del cableado sin necesidad de herramientas
- Sistema de conexión de CC SUNCLIX
- Área de conexiones de fácil acceso

## SUNNY TRIPOWER

### 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL

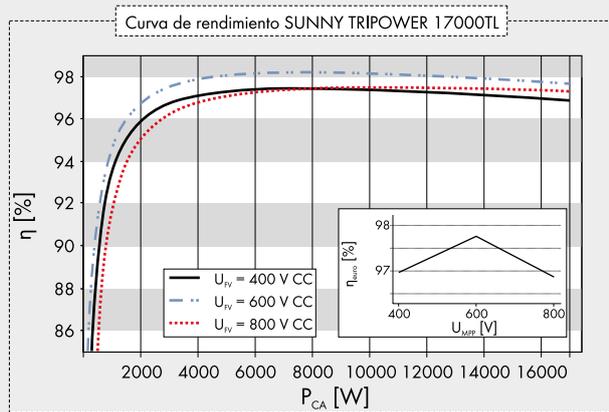
El trifásico que facilita la planificación del sistema

Pura tecnología del futuro: muy flexible en cuanto al diseño de la instalación, el inversor trifásico Sunny Tripower está indicado para prácticamente cualquier configuración modular, gracias a la tecnología Optiflex y a las dos entradas del punto de máxima potencia (MPP) y el amplio rango de tensión de entrada. Cumple con todos los requisitos de, por ejemplo, preparación de tensión reactiva y apoyo de red, y, por lo tanto, contribuye de forma fiable a la gestión de red. El sistema de seguridad Optiprotect con detección de fallos de string autodidacta, el fusible string electrónico y el descargador de sobretensión de CC tipo II permiten la mayor disponibilidad.

# SUNNY TRIPOWER

## 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC (con $\cos \phi = 1$ )	10200 W	12250 W
Tensión de entrada máx.	1000 V	1000 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	320 V - 800 V / 600 V	380 V - 800 V / 600 V
Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Corriente máx. de entrada, entrada A / entrada B	22 A / 11 A	22 A / 11 A
Corriente máx. de entrada por string (entrada A <sup>2</sup> / entrada B <sup>2</sup> )	33 A / 12,5 A	33 A / 12,5 A
Número de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	2 / A:4; B:1	2 / A:4; B:1
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada (@ 230 V, 50 Hz)	10000 W	12000 W
Potencia aparente de CA máxima	10000 VA	12000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rango de tensión nominal de CA	160 V - 280 V	160 V - 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	16 A	19,2 A
Factor de potencia a potencia asignada	1	1
Factor de desfase ajustable	0 inductivo ... 0 capacitivo	0 inductivo ... 0 capacitivo
Fases de inyección / conexión	3 / 3	3 / 3
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx. / europeo	98,1 % / 97,7 %	98,1 % / 97,7 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Punto de desconexión en el lado de entrada	●	●
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●	● / ●
Descargador de sobretensión de CC del tipo II	○	○
Protección contra polarización inversa (CC) / resistencia al cortocircuito (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)	665 / 690 / 265 mm (26,2 / 27,2 / 10,4 in)	665 / 690 / 265 mm (26,2 / 27,2 / 10,4 in)
Peso	59 kg (130,07 lb)	59 kg (130,07 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Emisiones de ruido, típicas	51 dB(A)	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W	1 W
Topología / Principio de refrigeración	Sin transformador / OptiCool	Sin transformador / OptiCool
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>Características</b>		
Conexión de CC / Conexión de CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte
Pantalla	Gráfico	Gráfico
Interfaz: RS485, Bluetooth®, Speedwire/Webconnect	○ / ● / ○	○ / ● / ○
relé multifunción / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, IEC 61727 (MEA/PEA), IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, PPC, PPDS, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105	
Modelo comercial	STP 10000TL-10	STP 12000TL-10



## Accesorios



Interfaz RS485  
DM-485CB-10



Descargador de sobretensión  
de CC del tipo II, entrada A  
DCSPD KIT1-10



Descargador de sobretensión  
de CC del tipo II, entrada A y  
B y BDCSPD KIT2-10



Power Control Module  
PWCMOD-10



Relé multifunción  
MFR01-10



Interfaz  
Speedwire/Webconnect  
SWDM-10

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

<sup>2</sup> Para tener en cuenta en caso de cortocircuito del fusible de string electrónico

● Equipamiento de serie ○ Opcional — No disponible  
 Datos en condiciones nominales  
 Última actualización: Junio 2014

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 17000TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potencia máxima de CC (con $\cos \phi = 1$ )	15340 W	17410 W
Tensión de entrada máx.	1000 V	1000 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	360 V - 800 V / 600 V	400 V - 800 V / 600 V
Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Corriente máx. de entrada, entrada A / entrada B	33 A / 11 A	33 A / 11 A
Corriente máx. de entrada por string (entrada A <sup>2</sup> / entrada B <sup>2</sup> )	40 A / 12,5 A	40 A / 12,5 A
Número de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	2 / A:5; B:1	2 / A:5; B:1
<b>Salida (CA)</b>		
Potencia asignada (@ 230 V, 50 Hz)	15000 W	17000 W
Potencia aparente de CA máxima	15000 VA	17000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rango de tensión nominal de CA	160 V - 280 V	160 V - 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	24 A	24,6 A
Factor de potencia a potencia asignada	1	1
Factor de desfase ajustable	0 inductivo ... 0 capacitivo	0 inductivo ... 0 capacitivo
Fases de inyección / conexión	3 / 3	3 / 3
<b>Rendimiento</b>		
Rendimiento máx. / europeo	98,2 % / 97,8 %	98,2 % / 97,8 %
<b>Dispositivos de protección</b>		
Punto de desconexión en el lado de entrada	●	●
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●	● / ●
Descargador de sobretensión de CC del tipo II	○	○
Protección contra polarización inversa (CC) / resistencia al cortocircuito (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)	665 / 690 / 265 mm (26,2 / 27,2 / 10,4 in)	665 / 690 / 265 mm (26,2 / 27,2 / 10,4 in)
Peso	59 kg (130,07 lb)	59 kg (130,07 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Emisiones de ruido, típicas	51 dB(A)	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W	1 W
Topología / Principio de refrigeración	Sin transformador / OptiCool	Sin transformador / OptiCool
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>Características</b>		
Conexión de CC / Conexión de CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte
Pantalla	Gráfico	Gráfico
Interfaz: RS485, Bluetooth®, Speedwire/Webconnect	○ / ● / ○	○ / ● / ○
relé multifunción / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, IEC 61727 (MEA/PEA), IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, PPC, PPD5, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDEARN 4105	AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, IEC 61727 (MEA/PEA), IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, PPC, PPD5, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDEARN 4105
Modelo comercial	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10

# www.SunnyPortal.com

Monitorización, gestión y presentación profesionales de instalaciones fotovoltaicas



www.SMA-Solar.com

SMA Solar Technology

STP170001DES1427 - SMA y Sunny Tripower son marcas registradas de SMA Solar Technology AG. Bluebooth® es una marca registrada de PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. Impreso en papel FSC. Nos reservamos el derecho de realizar cambios en productos y servicios, incluyendo los motivos por los que se modifican 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.

# ULL

---

**Universidad  
de La Laguna**

**Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial**

**Planos**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería**

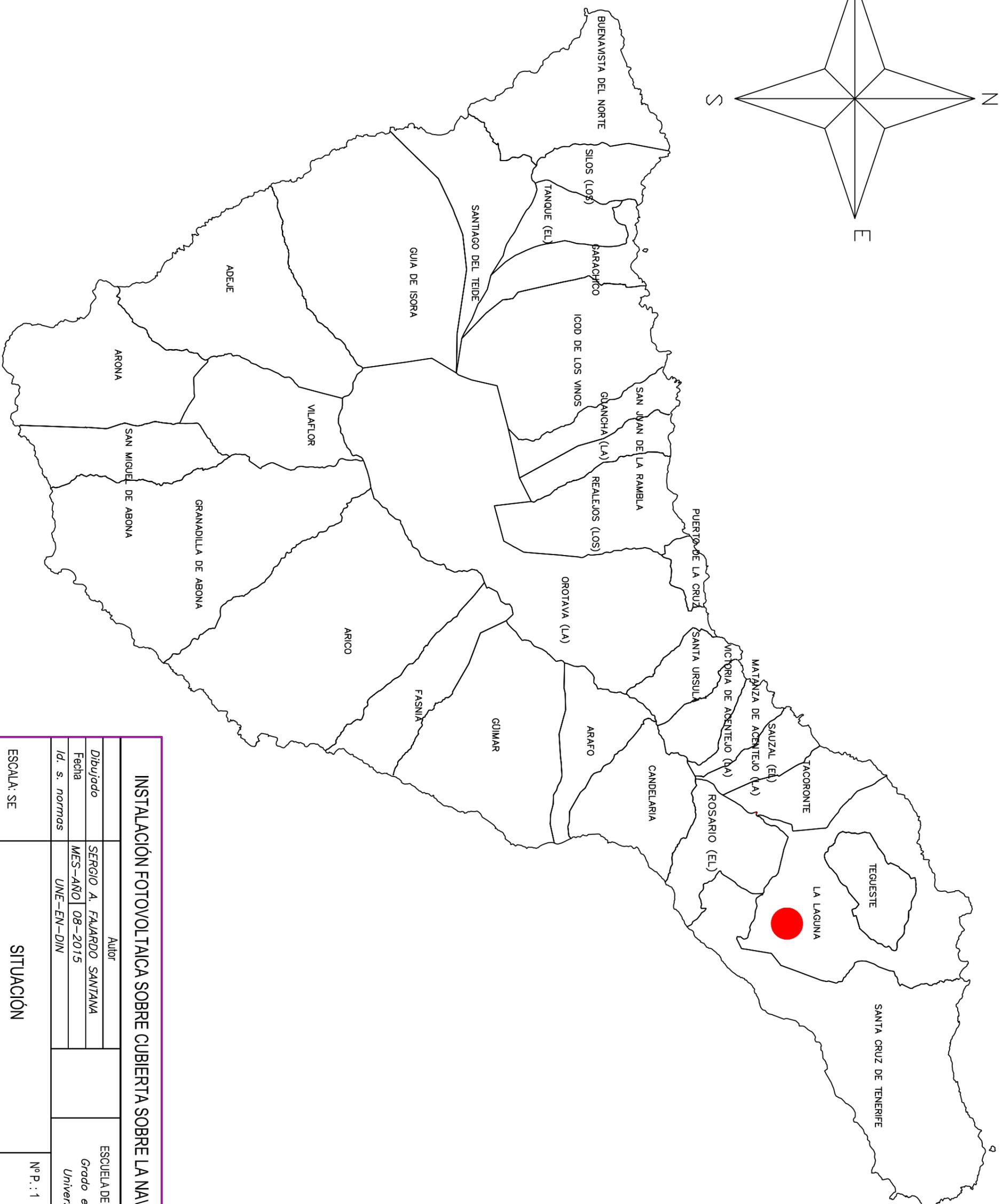
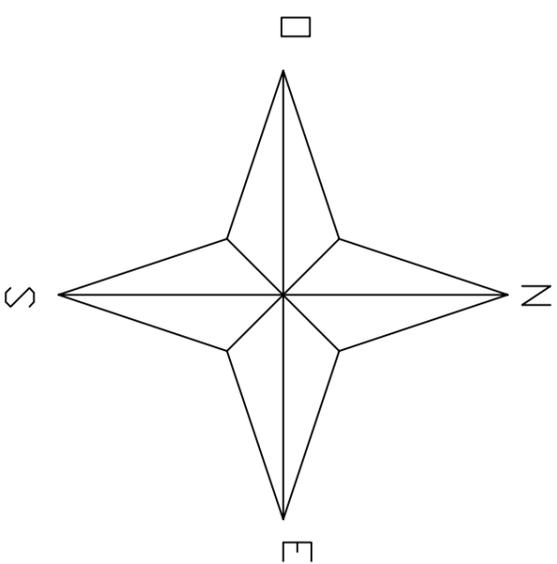
**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



## **ÍNDICE.**

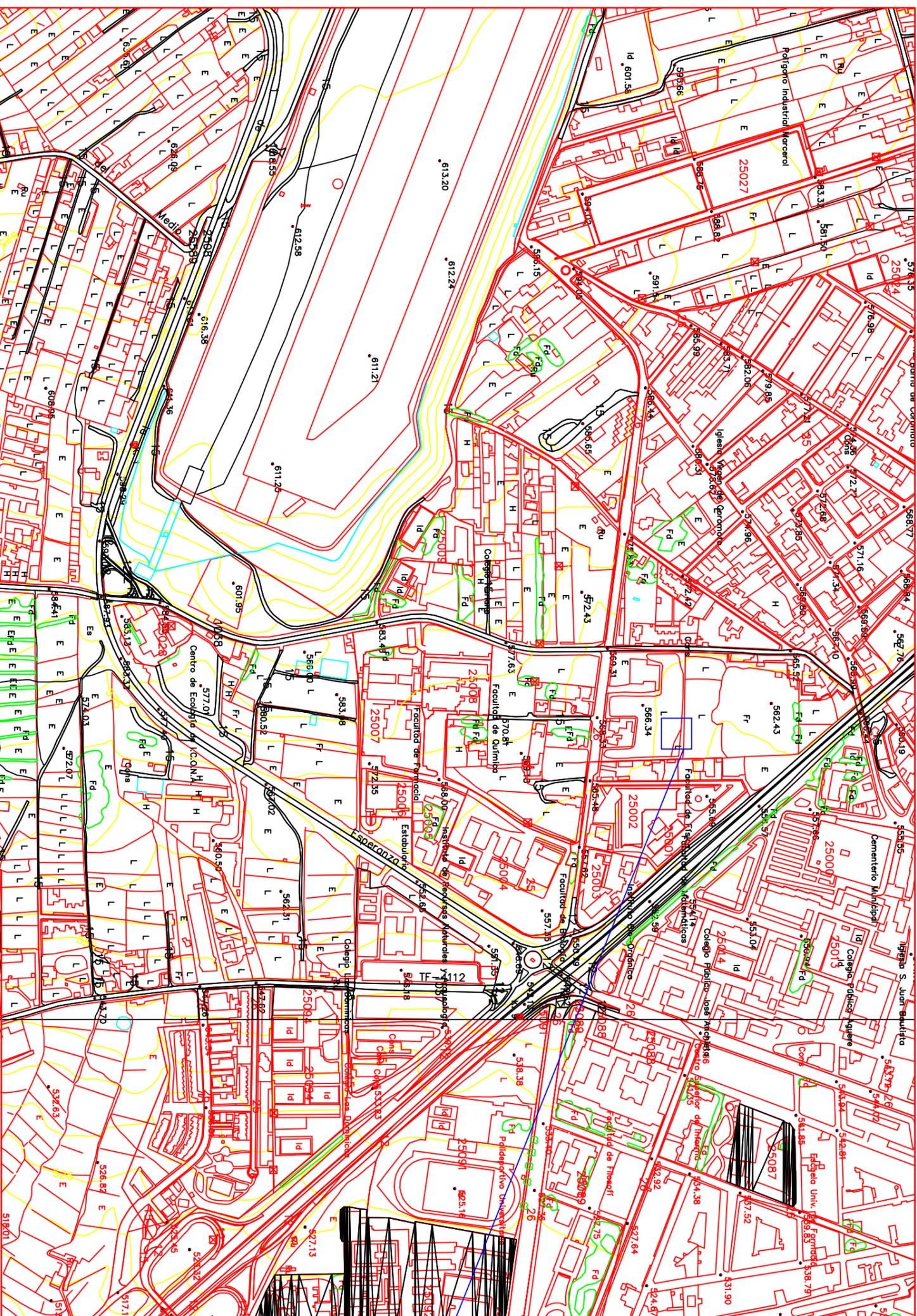
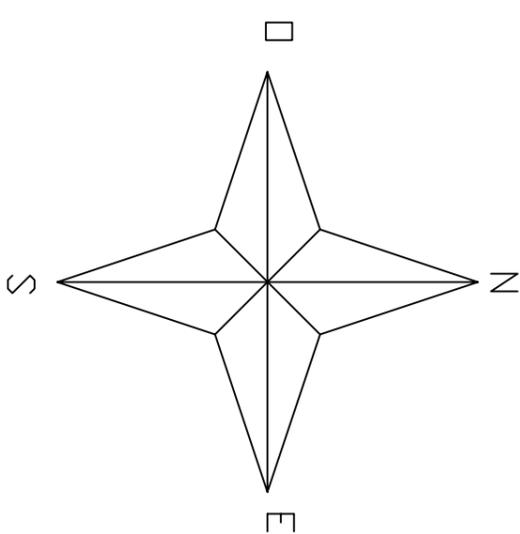
- 1. Situación**
- 2. Emplazamiento 1**
- 3. Emplazamiento 2**
- 4. Vistas Nave 4**
- 5. Conexiones**
- 6. Esquema unifilar**
- 7. Estructura y puesta a tierra**





**INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRE LA NAVE 4 DE INGENIERIA**

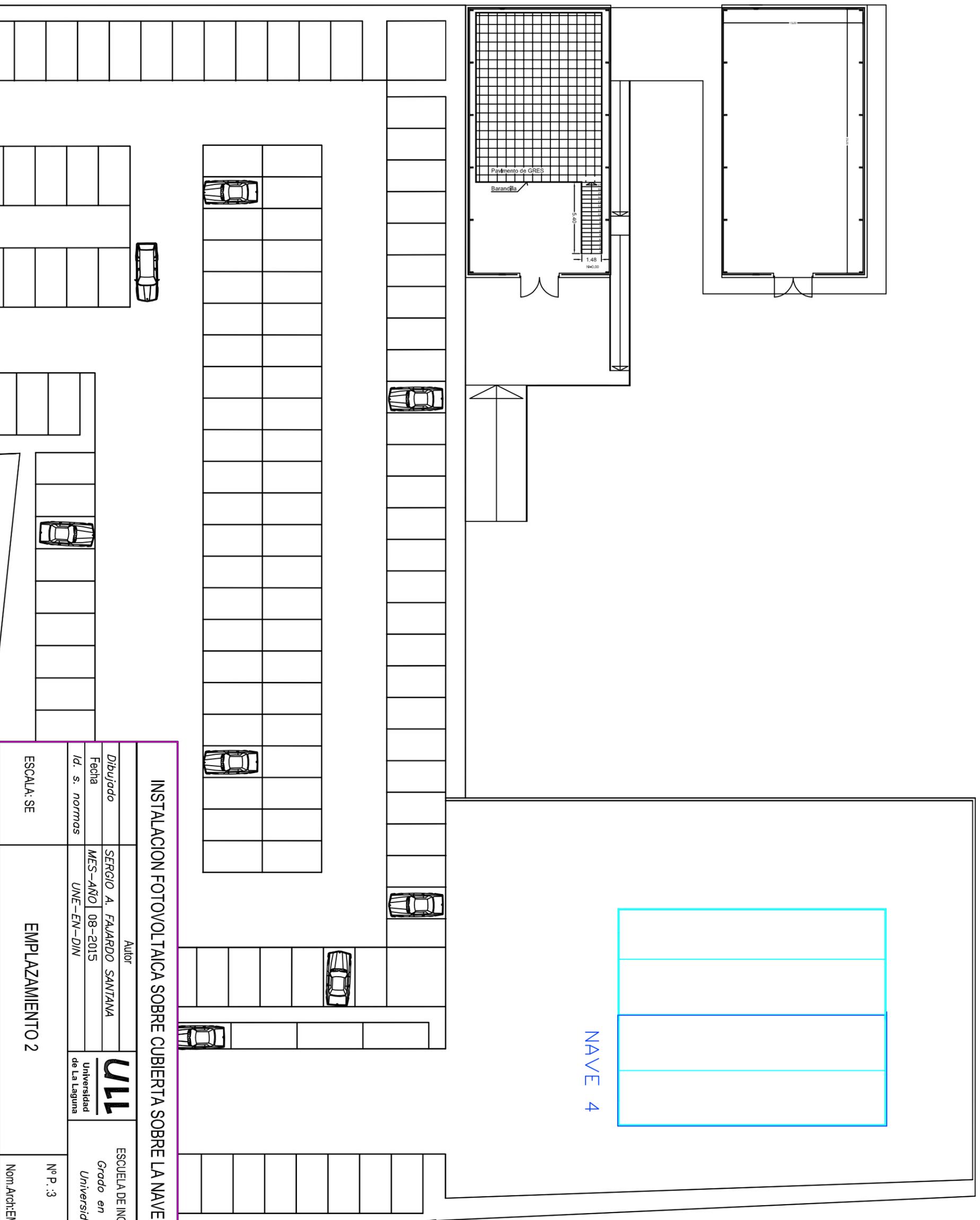
Autor		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL	
Dibujado	SERGIO A. FAJARDO SANTANA	Grado en Ingeniería Mecánica	
Fecha	MES-ANO   08-2015	Universidad de La Laguna	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	Nº P.: 1	
ESCALA: SE		SITUACIÓN	
		Nom.Arch: SITUACION.dwg	



AV. ASTROFÍSICO  
FRANCISCO SÁNCHEZ S/N  
SAN CRISTÓBAL DE LA  
LAGUNA

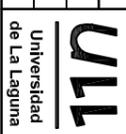
INSTALACION FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRA LA NAVE 4 DE INGENIERIA

Autor		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL	
Dibujado	SERGIO A. FAJARDO SANTANA	Grado en Ingeniería Mecánica	
Fecha	MES-ANO 08 - 2015	Universidad de La Laguna	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	Nº p. : 2
ESCALA: 1:4000		EMPLAZAMIENTO 1	
		Nom. Arch: EMPLAZAMIENTO 1.dwg	



INSTALACION FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRE LA NAVE 4 DE INGENIERIA

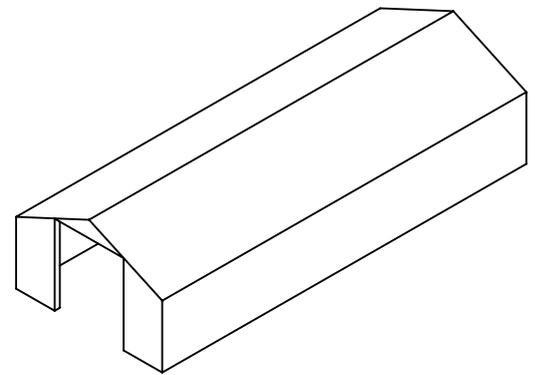
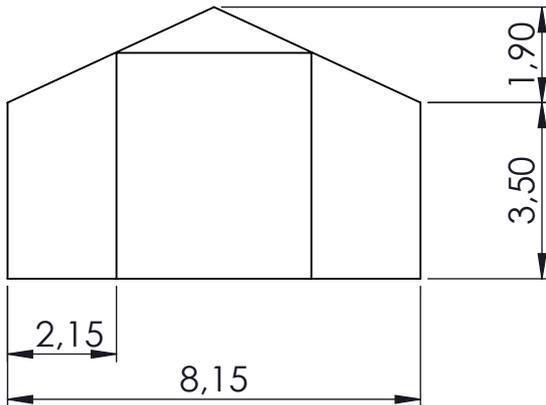
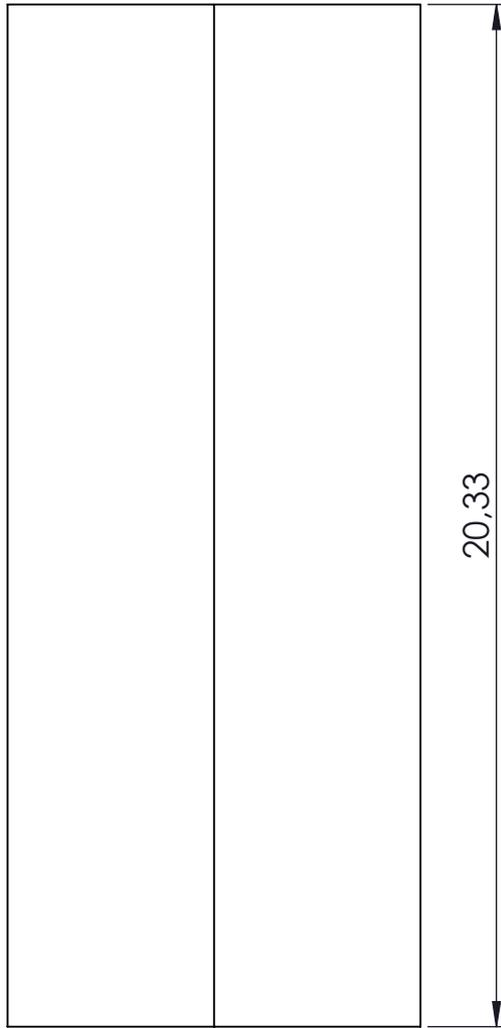
Autor		SERGIO A. FAJARDO SANTANA	
Dibujado	Fecha	MES- AÑO	08-2015
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	
ESCALA: SE		EMPLAZAMIENTO 2	



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL  
 Grado en Ingeniería Mecánica  
 Universidad de La Laguna

Nº P. : 3

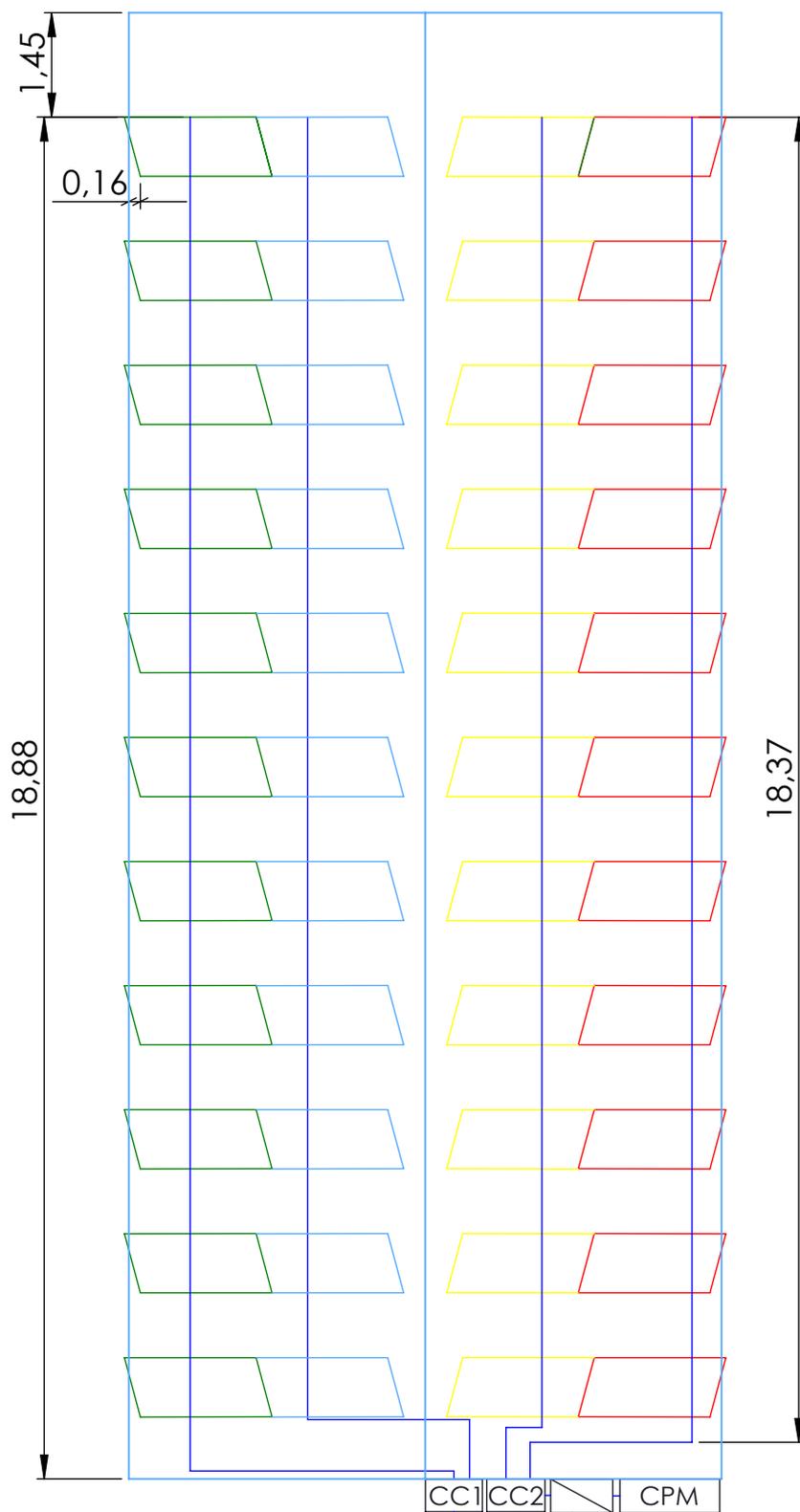
Non\_Arch:EMPLAZAMIENTO 2.dwg



ESCALA 1:300

### INSTALACION FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRE LA NAVE 4 DE INGENIERIA

Nombre	Fecha Agosto-2015	Autor SERGIO A.		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	FAJARDO SANTANA			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:150				Nº P. : 4
				VISTAS DE LA NAVE

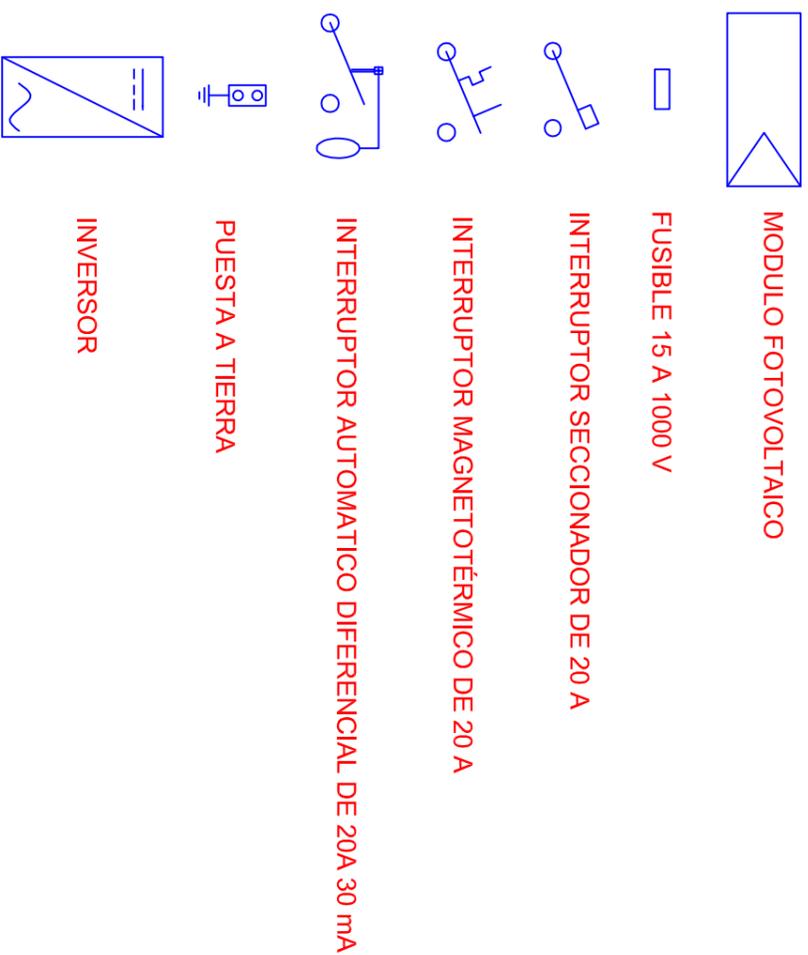
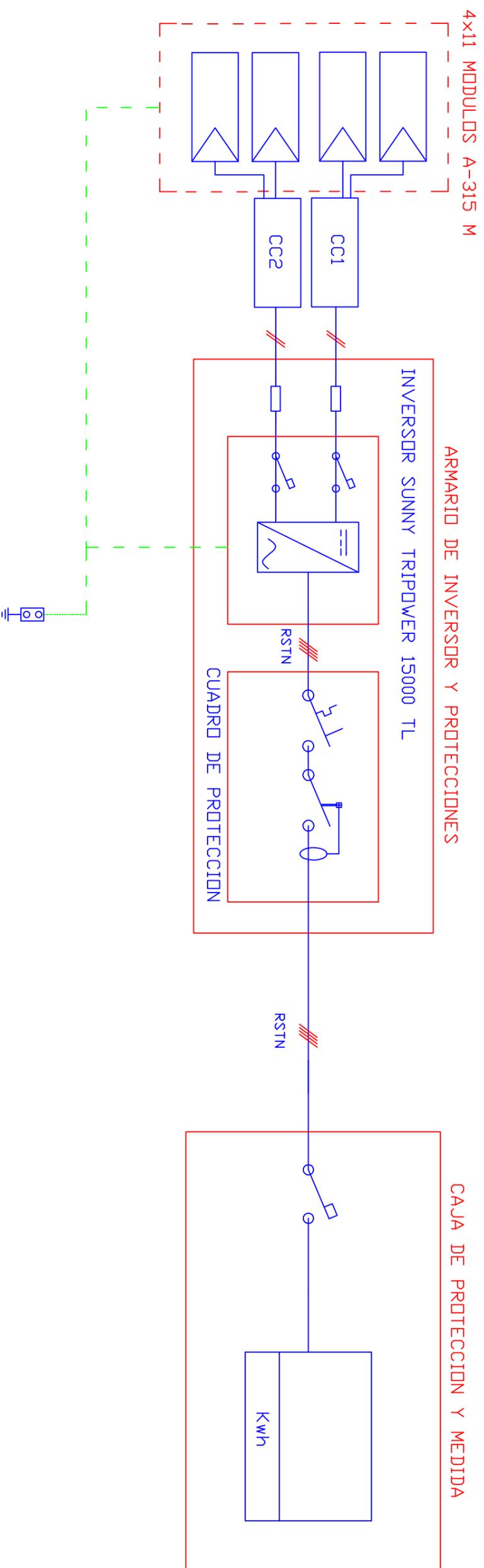


**LEYENDA:**

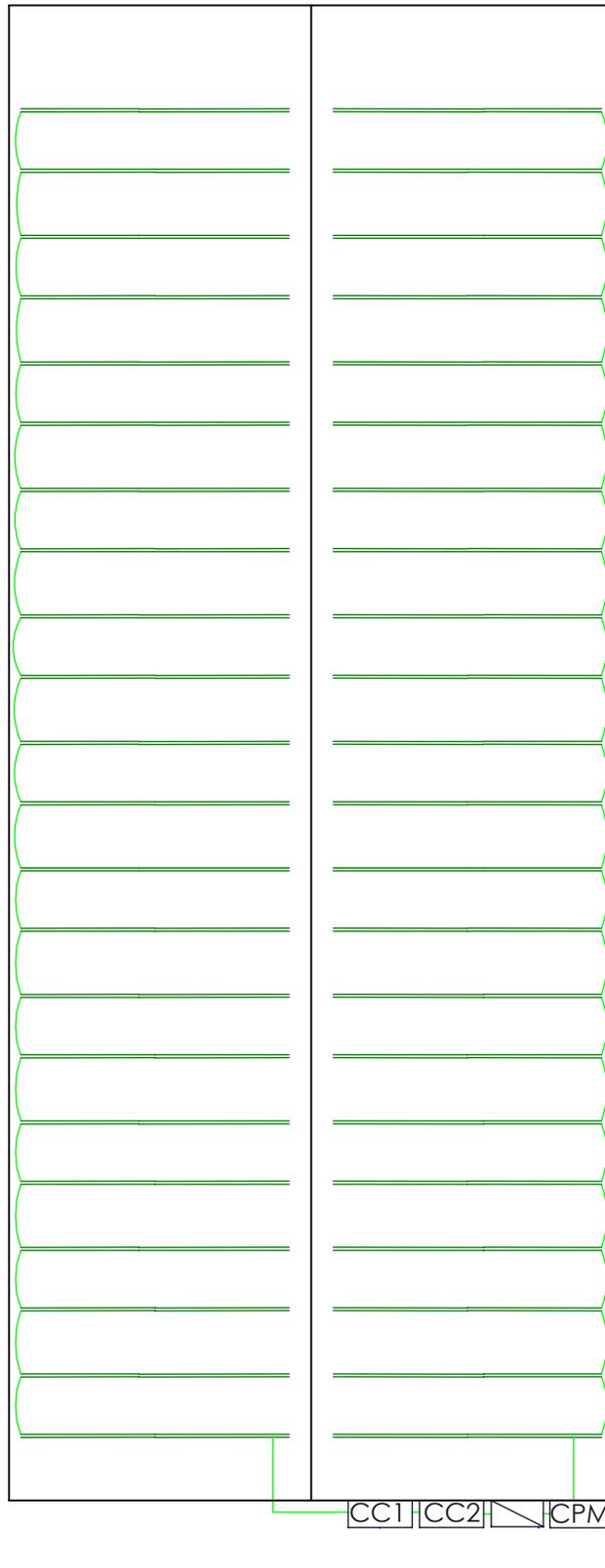
- Cableado
- Módulos string 1
- Módulos string 2
- Módulos string 3
- Módulos string 4
- ▭ Caja Inversor
- ▭ Caja de protección y medida
- ▭ Cuadro de conexiones 1
- ▭ Cuadro de conexiones 2

**INSTALACION FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRE LA NAVE 4 DE INGENIERIA**

Nombre	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	Agosto-2015	SERGIO A.		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:100	<b>CONEXIONES</b>			Nº P. : 5
				Nom.Arch:CONEXIONES.SLDDRW



<b>INSTALACION FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRE LA NAVE 4 DE INGENIERIA</b>			
		Autor	
Dibujado	SERGIO A. FAJARDO SANTANA	 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Fecha	MES-ANO 08-2015		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:SE	ESQUEMA UNIFILAR		Nº P. :6
		Nom.Arch:ESQUEMA UNIFILAR.dwg	



**LEYENDA:**

- Cableado
- = Estructura
-  Puesta a tierra

<b>INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA SOBRE CUBIERTA SOBRA LA NAVE 4 DE INGENIERIA</b>				
	Fecha	Autor	 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL</b> Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Agosto-2015	SERGIO A.		
Apellidos		FAJARDO SANTANA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:100	<b>ESTRUCTURA Y PUESTA A TIERRA</b>			Nº P. : 7
Nom.Arch:ESTRUCTURA Y PUESTA A TIERRA.slddrw				

# ULL

---

**Universidad  
de La Laguna**

**Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial**

**Pliego de condiciones**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería**

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**INDICE.**

<b>1. Pliego de condiciones generales</b>	<b>Pág.1-4</b>
1.1. Objeto de este pliego	<b>Pág.1</b>
1.2. Campo de aplicación	<b>Pág.1</b>
1.3. Normativa a cumplir	<b>Pág.1-2</b>
1.4. Documentos del proyecto	<b>Pág.2</b>
1.5. Permisos y Licencias	<b>Pág.2</b>
1.6. Variaciones y planos de detalle	<b>Pág.2-3</b>
1.7. Obligaciones del contratista de la obra	<b>Pág.3-4</b>
<b>2. Pliego de condiciones particulares</b>	<b>Pág.4-9</b>
2.1. Condiciones legales	<b>Pág.4-9</b>
2.1.1. El contrato	<b>Pág.4-5</b>
2.1.2. Arbitraje obligatorio	<b>Pág.5</b>
2.1.3. Jurisdicción competente	<b>Pág.5-6</b>
2.1.4. Responsabilidad del contratista	<b>Pág.6-9</b>
2.1.5. Subcontratas	<b>Pág.9</b>
<b>3. Pliego de Condiciones facultativas</b>	<b>Pág.9-22</b>
3.1. Delimitación general de funciones técnicas	<b>Pág.9-12</b>
3.1.1. El Ingeniero Director	<b>Pág.9-10</b>
3.1.2. El Ingeniero Técnico	<b>Pág.10-11</b>

3.1.3. El Constructor	<b>Pág.11-12</b>
3.2. Obligaciones y derechos generales del constructor	<b>Pág.12-15</b>
3.2.1. Verificación de los documentos del proyecto	<b>Pág.12</b>
3.2.2. Plan de Seguridad e Higiene	<b>Pág.12</b>
3.2.3. Oficina en la obra	<b>Pág.12-13</b>
3.2.4. Presencia del constructor en la obra	<b>Pág.13</b>
3.2.5. Trabajos no estipulados expresamente	<b>Pág.13-14</b>
3.2.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto	<b>Pág.14</b>
3.2.7. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa	<b>Pág.14-15</b>
3.2.8. Recusación por el contratista del personal nombrado por el Ingeniero	<b>Pág.15</b>
3.2.9. Faltas de personal	<b>Pág.15</b>
3.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales	<b>Pág.15-20</b>
3.3.1. Caminos y accesos	<b>Pág.15-16</b>
3.3.2. Replanteo	<b>Pág.16</b>
3.3.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos	<b>Pág.16</b>
3.3.4. Orden de los trabajos	<b>Pág.16</b>
3.3.5. Facilidades para otros contratistas	<b>Pág.16-17</b>
3.3.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	<b>Pág.17</b>
3.3.7. Prórroga por causa de fuerza mayor	<b>Pág.17</b>
3.3.8. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	<b>Pág.17</b>

3.3.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	<b>Pág.17</b>
3.3.10. Obras	<b>Pág.17-18</b>
3.3.11. Trabajos defectuosos	<b>Pág.18</b>
3.3.12. Vicios ocultos	<b>Pág.18</b>
3.3.13. De los materiales y los aparatos. Su procedencia	<b>Pág.19</b>
3.3.14. Presentación de muestras	<b>Pág.19</b>
3.3.15. Materiales no utilizables	<b>Pág.19</b>
3.3.16. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos	<b>Pág. 19</b>
3.3.17. Limpieza de las obras	<b>Pág.19</b>
3.3.18. Obras sin prescripciones	<b>Pág.20</b>
3.4. De las recepciones de edificios y obras ajenas. De las Recepciones provisionales	<b>Pág.20-22</b>
3.4.1. Documentación final de la obra	<b>Pág.21</b>
3.4.2. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra	<b>Pág.21</b>
3.4.3. Plazo de garantía	<b>Pág.21</b>
3.4.4. Conservación de las obras recibidas provisionalmente	<b>Pág.21</b>
3.4.5. De la recepción definitiva	<b>Pág.21-22</b>
3.4.6. Prórroga del plazo de garantía	<b>Pág.22</b>
3.4.7. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	<b>Pág.22</b>
<b>4. Pliego de Condiciones económicas</b>	<b>Pág.22-32</b>

4.1. Principio general	<b>Pág.22</b>
4.2. Fianzas	<b>Pág.23-24</b>
4.2.1. Fianza provisional	<b>Pág.23</b>
4.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	<b>Pág.23</b>
4.2.3. De su devolución en general	<b>Pág.23</b>
4.2.4. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales	<b>Pág.23-24</b>
4.3. De los precios	<b>Pág.24-27</b>
4.3.1. Composición de los precios unitarios	<b>Pág.24-25</b>
4.3.2. Precio de contrata. Importe de contrata	<b>Pág.25-26</b>
4.3.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	<b>Pág.26</b>
4.3.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios	<b>Pág.26</b>
4.3.6. De la revisión de los precios contratados	<b>Pág.26</b>
4.3.7. Acopio de materiales	<b>Pág.26-27</b>
4.4. De la valoración y abonos de los trabajos	<b>Pág.27-30</b>
4.4.1. Formas varias de abono de las obras	<b>Pág.27</b>
4.4.2. Relaciones valoradas y certificaciones	<b>Pág.27-28</b>
4.4.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas	<b>Pág.29</b>
4.4.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada	<b>Pág.29</b>
4.4.5. Pagos	<b>Pág.29</b>
4.4.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía	<b>Pág.30</b>

4.5. De las indemnizaciones mutuas	<b>Pág.30</b>
4.5.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras	<b>Pág.30</b>
4.5.2. Demora de los pagos	<b>Pág.30</b>
4.6. Varios	<b>Pág.31-32</b>
4.6.1. Seguro de las obras	<b>Pág.31</b>
4.6.2. Conservación de la obra	<b>Pág.31-32</b>
<b>5. Condiciones técnicas</b>	<b>Pág.32-36</b>
5.1. Sistemas generadores fotovoltaicos	<b>Pág.32-36</b>
5.1.1. Módulos fotovoltaicos	<b>Pág.32-33</b>
5.1.2. Estructura soporte	<b>Pág.33-34</b>
5.1.3. Inversor	<b>Pág.34-35</b>
5.1.4. Cableado	<b>Pág.35-36</b>
5.1.5. Armarios de protección	<b>Pág.36</b>
5.1.6. Protecciones	<b>Pág.36</b>



## **1. Pliego de condiciones generales.**

### **1.1. Objeto de este pliego.**

El presente pliego afectará a la ejecución de todas las obras que comprende el Proyecto al que hace referencia. Al mismo tiempo, se hace constar que las condiciones que se exigen en el presente Pliego serán las mínimas aceptables. Los Pliegos de condiciones particulares podrán afectar las presentes prescripciones generales.

El contratista se atenderá en todo momento a lo expuesto en el mismo en cuanto a la calidad de los materiales empleados, ejecución, material de obra, precios, medición y abono de las distintas partes de obra. El contratista queda obligado a acatar cualquier decisión que el Director Técnico de la obra formule durante el desarrollo de la misma y hasta el momento de la recepción definitiva de la obra terminada.

### **1.2. Campo de aplicación.**

El presente Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios para la ejecución de una instalación fotovoltaica conectada a red y destinada al autoconsumo, cuyo promotor es la entidad Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial., con CIF: Q-3818001 D y domicilio en Av. Astrofísico Francisco Sánchez, San Cristóbal de la Laguna.

### **1.3. Normativa a cumplir.**

- Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) según el RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.

- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), que desarrolla y permite el cumplimiento de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- 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 1627/1997 de 24 de Octubre sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en Obras de Construcción.
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/97 del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, establecidos por el IDAE (PCT – C – REV – Julio 2011)

#### **1.4. Documentos del proyecto.**

Comprende el presente Proyecto, además del presente Pliego de Condiciones, los documentos adjuntos de Memoria, Planos, Presupuesto y Anexos y Estudio Básico de Seguridad y Salud.

#### **1.5. Permisos y Licencias.**

El peticionario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de todas las obras y abonará todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos.

#### **1.6. Variaciones y planos de detalle.**

Este proyecto queda sujeto a cualquier variación que se juzgue conveniente por la Dirección Facultativa, y que no altere esencialmente el proyecto, precios y condiciones del contrato, a su vez se reserva el derecho al dictamen sobre todos aquellos puntos que no quedasen suficientemente aclarados en los documentos del proyecto. La Dirección Facultativa se reserva el derecho de presentar a lo largo de las obras cuantos planos de detalles sean necesarios y convenientes para realizar el presente Proyecto, con la obligatoriedad por parte del contratista de ser respetados.

### **1.7. Obligaciones del contratista de la obra.**

La obligación del contratista será el suministro de todos los materiales, equipos, manos de obra, servicios, accesorios y ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto acabado y puesta en marcha de la instalación solar fotovoltaica descrita en la Memoria, representada en los Planos y valorada en el Presupuesto y la cual será montada de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones Técnicas. Todos los suministros y trabajo referidos se entienden incluidos en el precio total de contratación. No están incluidos los siguientes suministros: Andamiajes, zanjas y obras auxiliares de albañilería.

El contratista y el/los subcontratista deberán estar al día en sus obligaciones tributarias así como con la Seguridad Social en el momento de iniciar las obras.

El contratista y el/los subcontratista/as deberá elaborar un plan de seguridad y salud acorde con lo dispuesto en el estudio básico de seguridad y salud contemplado en este proyecto, antes del inicio de las obras y presentarlo al coordinador de seguridad y salud de la obra.

El contratista o subcontratista/as deberán estar al día en la normativa vigente que afecta a las instalaciones a las cuales ofertan su trabajo. La incorrecta ejecución de la instalación por parte del contratista en referencia a dichas normas o prescripciones, delimitarán la responsabilidad del técnico que suscribe, siendo el contratista o subcontratista/as el único responsable. Antes de iniciar las obras deberán solicitar una copia del proyecto técnico a la propiedad para su estudio y análisis, y concertar con el ingeniero director de obra un replanteo general antes de iniciar los trabajos. Durante la ejecución de los mismos y ante una duda manifiesta de imposibilidad de ejecución de lo proyectado consultará al técnico director otras soluciones técnicas alternativas.

Para la buena ejecución de las obras el ingeniero creará el libro de órdenes, que estará a la custodia del contratista en la caseta o espacio habilitado dentro de la obra. El contratista y subcontratista consultarán en el libro de órdenes lo indicado por el técnico redactor para la buena ejecución de la obra. También mantendrá una copia del proyecto técnico en la obra.

## **2. Pliego de condiciones particulares.**

### **2.1. Condiciones legales.**

#### **2.1.1. El contrato.**

##### 2.1.1.1. Formalización del contrato.

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en las que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones. El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

##### 2.1.1.2. Causas de la rescisión de contrato.

Se considerarán causas suficientes para la rescisión de un contrato las que a continuación se señalan:

- Muerte o incapacidad del contratista.
- Quiebra del contratista.

En los casos anteriores si los herederos del contratista o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derechos a indemnización alguna.

También serán causas justificadas para la rescisión del contrato:

- Las alteraciones del mismo por las causas:
  - a) Las modificaciones del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de las citadas modificaciones, represente aproximadamente el 25%, como mínimo del importe de aquel.
  - b) La modificación de unidades de obra, siempre que estas representen variaciones, más o menos, del 40% como mínimo de algunas de las unidades del proyecto que hayan sido modificadas.
- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada en el plazo de tres meses e partir de la adjudicación. En tal caso la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando indique descuido y mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
- La terminación del plazo de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

### **2.1.2. Arbitraje obligatorio.**

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Ingenieros por el C.O. correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

### **2.1.3. Jurisdicción competente.**

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes son obligadas a someterse a la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como derivadas de su Contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

#### **2.1.4. Responsabilidad del contratista.**

El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el presente proyecto. La memoria no tendrá la consideración de documento de proyecto.

Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa, el que el director de obra haya examinado y reconocido la construcción durante la obra, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

##### 2.1.4.1. Medidas preparatorias.

Antes de comenzar las obras el Contratista tiene la obligación de verificar los documentos y de volver a tomar sobre el terreno todas las medidas y datos que le sean necesarios. Caso de no haber indicado al Director de obra en tiempo útil, los errores que pudieran contener dichos documentos, el Contratista acepta todas las responsabilidades.

##### 2.1.4.2. Responsabilidad en la ejecución de las obras.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado o reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

##### 2.1.4.3. Legislación social.

Habrá de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de Trabajo, Seguridad e

Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras. El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

#### 2.1.4.4. Medidas de seguridad.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra. Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

#### 2.1.4.5. Permisos y licencias.

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

#### 2.1.4.6. Daños a terceros.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniese en la edificación donde se efectúan las obras.

Como en las contiguas será, por tanto, de sus cuentas el abono de las indemnizaciones a quien corresponde y cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

#### 2.1.4.7. Seguro de la obra.

Deberá contarse con Seguros de Responsabilidad Civil y de otros Riesgos que cubran tanto los daños causados a terceras personas por accidentes imputables a las mismas o a las personas de las que deben responder, como los daños propios de su actividad como Constructoras.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos.

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la obra que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

#### 2.1.4.8. Pagos a arbitrarios.

El pago de impuestos y arbitrios, municipales o de otra especie, tanto los referidos a vallas, alumbrado, etc., cuyo abono habrá de hacerse durante el tiempo de la ejecución de la obra, como aquellos debidos a conceptos inherentes a los trabajos que se realizan, corren a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo

contrario. No obstante al contratista le será reintegrado el importe de todos aquellos conceptos que el director de obra considere justo hacerlo.

#### 2.1.4.9. Anuncios y carteles.

Sin previa autorización del propietario no podrá ponerse en las obras, ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y la policía local.

Se exceptúa de esta medida el cartel anunciador facultativo de la obra que será colocado a petición del director de obra y correrá a cuenta del contratista.

#### 2.1.4.10. Copias de documentos.

El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los planos, presupuestos, pliego de condiciones, y también de los demás documentos del proyecto.

El Ingeniero Técnico, si el contratista lo solicita, autoriza estas copias con su firma, una vez las haya confrontado.

### **2.1.5. Subcontratas.**

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. no eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

## **3. Pliego de Condiciones facultativas.**

### **3.1. Delimitación general de funciones técnicas.**

#### **3.1.1. El Ingeniero Director.**

Corresponde al Ingeniero Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.

- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de recepción.

### **3.1.2. El Ingeniero Técnico.**

Corresponde al Ingeniero Técnico:

- Redactar el documento de estudios y análisis del Proyecto.
- Planificar, a la vista del proyecto de ingeniería, del contrato y de la normativa técnica de aplicación el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad e Higiene para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Ingeniero y del Constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de
- Seguridad e Higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor, impartiéndole, en su caso, las

órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Ingeniero.

- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir, en unión del Ingeniero, el certificado final de la obra.

### **3.1.3. El Constructor.**

Corresponde al Constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad e higiene en el trabajo, en concordancia con las previstas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por O.M. 09/03/1971, y Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre.
- Suscribir con el Ingeniero el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

- Facilitar al Ingeniero con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Deberá tener siempre en la obra un número proporcionado de obreros a la extensión de los trabajos que se estén ejecutando.

### **3.2. Obligaciones y derechos generales del constructor.**

#### **3.2.1. Verificación de los documentos del proyecto.**

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

#### **3.2.2. Plan de Seguridad e Higiene.**

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución, conteniendo, en su caso, el Estudio básico de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

#### **3.2.3. Oficina en la obra.**

El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero.
- La Licencia de Obras.

- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El Libro de Incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La Documentación de los seguros mencionados anteriormente.
- Dispondrá además el Constructor de una oficina para la Dirección Facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

#### **3.2.4. Presencia del constructor en la obra.**

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata. Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole Facultativa", el delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido. El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Ingeniero para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

#### **3.2.5. Trabajos no estipulados expresamente.**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

### **3.2.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliego de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Ingeniero. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor podrá requerir del Ingeniero o del Ingeniero Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

### **3.2.7. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Ingeniero, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamación.

### **3.2.8. Recusación por el contratista del personal nombrado por el Ingeniero.**

El Constructor no podrá recusar a los Ingenieros o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

### **3.2.9. Faltas de personal.**

El Ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

## **3.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales.**

### **3.3.1. Caminos y accesos.**

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El Ingeniero podrá exigir su modificación o mejora.

Así mismo el Constructor se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de

la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

### **3.3.2. Replanteo.**

El Constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

### **3.3.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.**

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

### **3.3.4. Orden de los trabajos.**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### **3.3.5. Facilidades para otros contratistas.**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### **3.3.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

### **3.3.7. Prórroga por causa de fuerza mayor.**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### **3.3.8. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### **3.3.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Ingeniero al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

### **3.3.10. Obras.**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Ingeniero; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### **3.3.11. Trabajos defectuosos.**

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica "del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Ingeniero, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta. Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

### **3.3.12. Vicios ocultos.**

Si el Ingeniero tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente.

**3.3.13. De los materiales y los aparatos. Su procedencia.**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Ingeniero Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

**3.3.14. Presentación de muestras.**

A petición del Ingeniero, el Constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el Calendario de la Obra.

**3.3.15. Materiales no utilizables.**

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra. Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero.

**3.3.16. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

**3.3.17. Limpieza de las obras.**

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

### **3.3.18. Obras sin prescripciones.**

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

### **3.4. De las recepciones de edificios y obras ajenas. De las recepciones provisionales.**

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Ingeniero a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de Recepción Provisional. Esta se realizará con la intervención de un Técnico designado por la Propiedad, del Constructor y del Ingeniero. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas. Practicando un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos.

Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se dará al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza. Al realizarse la Recepción Provisional de las obras, deberá presentar el Contratista las pertinentes autorizaciones de los Organismos Oficiales de la Provincia, para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requiera.

No se efectuará esa Recepción Provisional, ni como es lógico la Definitiva, si no se cumple este requisito.

**3.4.1. Documentación final de la obra.**

El Ingeniero Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

**3.4.2. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra.**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Ingeniero a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Ingeniero con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

**3.4.3. Plazo de garantía.**

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la Recepción y Liquidación Definitiva de las obras, la Administración tomará acuerdo respecto a la fianza depositada por el Contratista.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

**3.4.4. Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitivas, correrán a cargo del Contratista. Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador de la obra, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

**3.4.5. De la recepción definitiva.**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

#### **3.4.6. Prórroga del plazo de garantía.**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

#### **3.4.7. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos con anterioridad.

Para las obras y trabajos no terminados pero aceptables a juicio del Ingeniero Director, se efectuará una sola recepción definitiva.

### **4. Pliego de Condiciones económicas.**

#### **4.1. Principio general.**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y, en su caso, los Técnicos, pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

## **4.2. Fianzas.**

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

### **4.2.1. Fianza provisional.**

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de condiciones Particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale, fianza que puede constituirse en cualquiera de las formas especificadas en el apartado anterior.

### **4.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietarios, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de la obra que no fuesen de recibo.

### **4.2.3. De su devolución en general.**

La fianza retenida será devuelta al Contratista una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos,...

### **4.2.4. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.**

Si la Propiedad, con la conformidad del Ingeniero Director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### **4.3. De los precios.**

#### **4.3.1. Composición de los precios unitarios.**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados. Se considerarán costes indirectos:
- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.
- Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

##### 4.3.1.1. Gastos Generales.

Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos. En este caso un 15%.

#### 4.3.1.2. Beneficio Industrial.

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 10 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

#### 4.3.1.3. Precio de Ejecución Material.

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

#### 4.3.1.4. Precio de Contrata.

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el Beneficio Industrial.

### **4.3.2. Precio de contrata. Importe de contrata.**

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 15 % y el beneficio se estima normalmente en 10 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

#### 4.1.3.3. Precios contradictorios.

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios. A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### **4.3.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

#### **4.3.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas, y en segundo lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

#### **4.3.6. De la revisión de los precios contratados.**

Contratándose las obras a precio cerrado, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento derivado de obras no contempladas en alguno de los documentos del proyecto no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

En caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100. No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

En cualquier caso primarán sobre estas especificaciones, las condiciones de revisión de precios firmadas en el contrato a suscribir entre la propiedad y el contratista.

#### **4.3.7. Acopio de materiales.**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

#### **4.4. De la valoración y abonos de los trabajos.**

##### **4.4.1. Formas varias de abono de las obras.**

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones Económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se podrá efectuar de las siguientes formas:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa mediación y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la mediación y valoración de las diversas unidades.
- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero Director. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones el caso anterior.
- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones Económicas" determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

##### **4.4.2. Relaciones valoradas y certificaciones.**

En cada una de las épocas o fechas que se fijan en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Ingeniero Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones Económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Ingeniero Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Ingeniero-Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Ingeniero-Director en la forma prevenida de los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Ingeniero-Director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En caso de que el Ingeniero-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

#### **4.4.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas.**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Ingeniero-Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero-Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### **4.4.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.**

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido. - Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.

- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partidaalzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Ingeniero-Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

#### **4.4.5. Pagos.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero-Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### **4.4.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Ingeniero-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### **4.5. De las indemnizaciones mutuas.**

##### **4.5.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

##### **4.5.2. Demora de los pagos.**

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

## **4.6. Varios.**

### **4.6.1. Seguro de las obras.**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero-Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

### **4.6.2. Conservación de la obra.**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata. Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso

de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero-Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

## **5. Condiciones técnicas.**

### **5.1. Sistemas generadores fotovoltaicos.**

#### **5.1.1. Módulos fotovoltaicos.**

Todos los módulos deberán satisfacer la especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente. Los módulos fotovoltaicos adoptados en el presente proyecto son el modelo A-315 M de la marca comercial Atersa.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

En caso de variaciones respecto de esas características, estas deberán ser aprobadas por la dirección facultativa. Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP54.

Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células. La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, el inversor contará los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

### **5.1.2. Estructura soporte.**

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá contar con la aprobación expresa del Director Facultativo. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el CTE y demás normas aplicables.

La estructura soporte será calculada según el CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc. Esta empresa garantiza que la estructura soporte cumple con lo exigido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) y con la normativa básica de la edificación NBE-AE-88, estableciendo un límite máximo de sobrecarga de nieve de 1.4 kN/m<sup>2</sup>. 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 estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. 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 tomillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV -106. 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.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta según lo indicado en el Plano 7 de este proyecto.

### **5.1.3. Inversor**

El inversor utilizando en este proyecto será el Sunny Tripower 15000TL. Las características técnicas más diferenciadas se podrán encontrar tanto en la memoria como en el Anexo relativo a cálculos eléctricos de este mismo proyecto. Además la ficha técnica correspondiente se podrá encontrar en el Anexo correspondiente a fichas técnicas de los equipos.

El inversor utilizado deberá ser capaz de extraer en todo momento la máxima potencia por modo de un seguidor de máxima potencia.

El inversor utilizado deberá satisfacer la norma UNE-EN 62093 para los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales. Además también deberá satisfacer la norma UNE-EN 61683 para sistemas fotovoltaicos, acondicionadores de potencia, procedimiento para la medida del rendimiento.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética, incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.

- Perturbaciones presentes en la red.

Cada inversor tendrá el control manual de encendido y apagado y conexión-desconexión al interfaz CA.

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superior a las CEM. Además soportará picos de un 30 % superior a las CEM durante periodos de hasta 10 segundos.

El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100 % de la potencia nominal, será como mínimo del 92 % y del 94 % respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal. A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa. Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

#### **5.1.4. Cableado.**

El conductor de baja tensión que se empleará en la totalidad de la instalación es de tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90°, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.123.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %, y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

#### **5.1.5. Armarios de protección.**

El armario de inversor y protecciones presente en la instalación deberá estar fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio con un grado de protección IP65.

#### **5.1.6. Protecciones.**

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Vm y 0,85 Vm respectivamente) serán para cada fase.

ULL

---

Universidad  
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Civil e Industrial

**Presupuesto y medición**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Instalación fotovoltaica sobre cubierta sobre la  
Nave 4 de Ingeniería

**Autor/es:** Sergio Alberto Fajardo Santana



**ÍNDICE.**

**Presupuesto y medición**

**Pág.1-4**



<b>Resumen</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario €</b>	<b>Importe €</b>
----------------	-----------------	--------------------------	------------------

## **1. Instalación fotovoltaica**

### **1.1 Módulos.**

Módulo fotovoltaica de la Gama Ultra A- 315 M dimensiones 1,965x0,99 y potencia de 315 w

44	431,6	18990,4
----	-------	---------

### **1.2 Estructura soporte**

Estructura VA6 6x12-6x10/2 35° CT para dos paneles

22	284,5	6259
----	-------	------

### **1.3 Inversor**

Inversor Sunny Tripower 15000 T1 de 15 Kw, grado de protección IP65 con conexión trifásica

1	5805,9	5805,9
---	--------	--------

## **2. Instalación eléctrica**

### **2.1 Protecciones CC**

Cuadro de protección Gewiss con grado de protección IP65, IK07, clase II, equipada con 4 portafusibles de 1000 V y 10 A y fusibles de 15 A.

1	120,35	120,35
---	--------	--------

### **2.2 Protecciones CA**

Cuadro CA

Caja de protección Gewiss 40001 con grado de protección IP55, IK 07, clase II.	1	91,8	91,8
--	---	------	------

### 2.3 Cuadro de protección y medida CPM

Cuadro de protección y medida con seccionador de carga 20 A, protección IP65. Contador bidireccional modelo ZIV 5CTD-E1F	1	312,57	312,57
--	---	--------	--------

### 2.4 Cableado

Módulos inversor	196 (m)	0,86	168,56
Inversor - CPCA	2 (m)	1,26	2,52
CPCA -CPM	2 (m)	1,26	2,52

### 2.5 Canalizaciones

Tubo de PVC de 20 mm de diámetro sobre pared	196 (m)	1,2	235,2
Tubo flexible de PVC de 16 mm de diámetro sobre pared	4 (m)	0,78	3,12

### 2.6 Armarios

Armario de Intemperie General Electric modelo EH3-3 de protección IP65	1	524,54	524,54
--	---	--------	--------

### 2.7 Puesta a tierra

Línea principal

Línea con conductor de Cu  
RV 0.6/1kV. Según UNE  
21123 de 1x16 mm<sup>2</sup>,  
incluyendo enhebrado,  
conexionado y pequeño  
material

1,5 (m)

2,67

4,005

Línea secundaria

Línea con conductor de Cu  
RV 0.6/1kV según UNE  
21123, de sección 1x6  
mm<sup>2</sup>, puesta a tierra de  
estructuras metálicas y  
quijos, incluyendo  
enhebrado, conexionado y  
pequeño material.

100 (m)

0,86

86

Pica de puesta a tierra

Pica de toma de tierra de  
acero y recubrimiento de  
cobre, de 2 m de largo, de  
14,6 mm de diámetro,  
excavación en zanja,  
instalado y comprobado.

1

11,34

11,34

## Resumen presupuesto

**Euros****%****1. Instalación fotovoltaica**

31055,3

95,21%

**2. Instalación eléctrica**

1562,52

4,79%

**Mano de obra**

2160

**TOTAL EJECUCIÓN  
MATERIAL**

34777,8

GASTOS GENERALES  
(15%)

5216,67

BENEFICIO  
INDUSTRIAL (10%)

3477,78

SUMA GG Y BI

8694,45

IGIC (7%) 3043.05

<b>TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA</b>	<b>46515,30</b>
---	-----------------

---

---

## **Conclusions.**

In the realization of the TFG they have been studied various options for the orientation and tilt of solar panels. The solution adopted has been to orient the PV south with an inclination of 35 degrees and placed horizontally. This horizontal placement because when part of a module is affected by certain shadows bypass the component called off only those cells affected by shade, allowing other cells continue to provide power.

As for the ceiling of the warehouse n.4 we must mention that we have assumed that the cover, by don't Know the material, is considered ideal, so it will withstand the loads generated by both wind and snow. No calculations have been made of the PV structure as it is not considered important because they can not compute the set ceiling - PV structure.

Due to the current legislation in Spain, you can not receive financial compensation for the surplus energy injected in the network, so this makes the project financially unfeasible. We must also add that the excess energy can not be stored in batteries. As a consequence, there has been no feasibility study because we can not know exactly if the energy available and always meeting demand at all times.

One possibility as to the problem that the energy generated must be consumed immediately would be to install a component running continuously during daylight hours, ie during the day. This component could be an air conditioning.

