

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



Trabajo de Fin de Grado

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

Hoja de identificación

Título del proyecto

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

Emplazamiento

Dirección: Carretera de La Esperanza (TF-24), La Esperanza, Santa Cruz de Tenerife.

Municipio: El Rosario

Código postal: 38290

Provincia: S/C de Tenerife

Coordenadas geográficas: 28°26'45.4"N 16°21'55.9"W

Datos del proyectista

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Dirección: Ctra/ General del Norte, Tacoronte

Código postal: 38350

Correo electrónico: alu0100827330@ull.edu.es

Peticionario

Promotor: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT).

Dirección: Camino San Francisco de Paula, s/n. San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife.

Código postal: 38200

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Teléfono de contacto: 922318309

Correo electrónico: bgdiaz@ull.edu.es y sgonzal@ull.es

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

Abstract

Memoria

Conclusions

Anexos

Anexo I: Cálculos

Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Anexo III: Mantenimiento

Anexo IV: Energía generada y ahorro

Anexo X: Fichas técnicas de los elementos de la instalación

Planos

Pliego de condiciones

Mediciones

Presupuesto

Abstract

This project aims to design and analyze the photovoltaic system of a rural hotel located in the province of Santa Cruz de Tenerife, specifically in La Esperanza. It has been studied all the characteristics that must have not only the photovoltaic system but also the rest of the components have been studied and dimensioned.

The installation will be in the self-consumption regime, although the possibility of the installation of excess energy accumulation system has been studied as well. The dimensions will be adapted to the available space on the roof of the hotel due to its flat surface.

First, it has been made a prediction of the consumption's profile that will have the hotel from the luminaires, appliances, televisions, computer, printer and small electrical appliances that could be connected to the power points. A power peak of 12.21 kW has been obtained.

Then, the design of the necessary photovoltaic system will be carried out in order to be able to supply the expected consumption. Among the possible proposals studied, it will finally be necessary a total of 39 photovoltaic modules of 315 W.

In addition, another vital element in this installation will be the current inverter, which in this case will be able to supply up to 15 KW.

Once these elements have been selected and all the necessary checks and calculations have been made, such as determining the orientation and inclination of the modules or the compatibility of the inverter, the wiring, the corresponding protections and all possible losses has been dimensioned in order to calculate the total energy generated by the installation.

Once this has been done, the budget has been determined with the selected material being able to verify the profitability that this installation will have.

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



MEMORIA

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Aspectos generales del proyecto.....	1
1.1	Objeto.....	1
1.2	Alcance	1
1.3	Antecedentes	2
1.4	Normas y referencias	3
1.4.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	3
1.4.2	Programas de cálculo.....	5
1.4.3	Plan de gestión de calidad aplicado durante la redacción del Proyecto	6
1.4.4	Bibliografía.....	6
1.5	Abreviaturas y definiciones	7
1.6	Requisitos de diseño	9
1.6.1	Peticionario.....	9
1.6.2	Alumno y redactor	9
1.6.3	Emplazamiento	10
1.6.4	Punto de conexión	11
1.7	Análisis de soluciones.....	12
1.8	Resultados finales	16
1.9	Planificación	21
1.10	Orden de prioridad entre los documentos	24

1 Aspectos generales del proyecto

1.1 Objeto

Mediante este proyecto se pretende diseñar y analizar la instalación fotovoltaica de un hotel rural, mediante los conocimientos adquiridos a lo largo del grado. Estará ubicado en Carretera de La Esperanza (TF-24), La Esperanza, Santa Cruz de Tenerife.

La idea principal será que nuestra instalación se encuentre en régimen de autoconsumo tipo 1, planteándose la posibilidad de la instalación de un sistema de acumulación de energía sobrante si la hubiera. Finalmente se elegirá la opción que más se ajuste a las características del proyecto y a la inversión económica necesaria.

Por lo tanto, la finalidad de este proyecto será concretar todas las características que deberán cumplir tanto la instalación fotovoltaica como el resto de los componentes de esta.

1.2 Alcance

Con este estudio se quiere disminuir lo máximo posible la cantidad de energía demandada de la red eléctrica, para así, obtener un gasto de consumo reducido, además de contribuir en el uso de energías limpias. Esto será un requisito fundamental ya que la filosofía de este hotel es la de aprovechar al máximo los recursos naturales de la manera más sostenible posible. Además, se pretende atraer mayoritariamente a un turismo con una filosofía similar a la del alojamiento, contribuyendo así en mayor medida en el ahorro de energía durante su estancia.

Para poder elegir la cantidad de paneles fotovoltaicos, así como la distribución de estos, se utilizará el Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) de instalaciones conectadas a red del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

La instalación de los paneles se realizará en la azotea del edificio, pues ha sido diseñada para poder aprovechar el espacio disponible de manera óptima.

1.3 Antecedentes

El hotel estará compuesto por 6 habitaciones dobles, una suite con capacidad para 4 personas, una entrada con recepción, un comedor y una cocina, así como los distintos baños distribuidos por el hotel y las habitaciones. Además, se parte del diseño previo de la instalación eléctrica, de fontanería, contraincendios y de ventilación.

En primer lugar, se realizará una predicción del perfil de consumo que tendrá el hotel a partir de las luminarias, electrodomésticos, televisores, ordenador, impresora y pequeños aparatos eléctricos que se pudieran conectar a las tomas de corriente.

Hay que tener en cuenta que el hotel no cuenta con calefacción ni aire acondicionado debido a las buenas condiciones climatológicas previamente previstas. Esto sumando a que la predicción de demanda del alojamiento será muy similar en las distintas épocas, supondrá que el consumo estimado sea muy similar a lo largo de todo el año.

Además, a la hora de calcular la predicción del consumo se ha tenido en cuenta el siguiente horario:

- Recepción: 08:00 a 23:00
- Desayuno: 07:00 a 11:00
- Comida: 12:00 a 15:00
- Cena: 20:00 a 22:00
- Servicio de limpieza (lunes, miércoles, viernes y domingo): 8:00 a 15:00

A continuación, se llevará a cabo el diseño de la instalación fotovoltaica necesaria para poder suplir el consumo hallado. Como se ha comentado anteriormente, se estudiará la posibilidad de incluir baterías. Todos los elementos de la instalación, excepto los módulos fotovoltaicos, estarán instalados en un cuarto eléctrico, donde se incluirían los inversores fotovoltaicos, así como el cuadro eléctrico y donde concluye el punto de conexión a la red eléctrica. Este cuarto ha sido diseñado específicamente para ello, con la ventilación adecuada, garantizando así las óptimas condiciones.

En el apartado de Planos se podrán consultar de manera más detallada las instalaciones que tendrá el hotel.

1.4 Normas y referencias

1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

A continuación, se muestran las disposiciones legales y normativa aplicada para la redacción de este proyecto.

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado. B.O.E.: 10 de noviembre de 1995.
- Seguridad y Salud en los lugares de trabajo. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- Manipulación de cargas. Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 24 de mayo de 1997.
- Utilización de equipos de trabajo. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 7 de agosto de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 25 de octubre de 1997.
- Real Decreto por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión. Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. B.O.E.: 2 de septiembre de 2015.
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. B.O.E.: 5 de febrero de 2009.
- Señalización de seguridad y salud en el trabajo. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.

- Real Decreto por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno. B.O.E.: 28 de diciembre de 1992.
- Utilización de equipos de protección individual. Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 12 de junio de 1997.
- Orden por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social. Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 11 de octubre de 2007.
- DB-HS Salubridad. Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 28 de marzo de 2006.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Instrucción 8.3-IC Señalización de obras. Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico. BOE número 285 de 28/11/1977.
- Ley 2/2011 de 26 de enero, por la que se modifican la Ley 11/1997 de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.
- Orden de 19 de mayo de 2010 que aprueba la Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace, en el ámbito de suministro de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. en el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Pliego de Condiciones Técnicas (PTC) de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Conectadas a Red del IDAE.

- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- UNE157001. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

1.4.2 Programas de cálculo

A lo largo del proyecto se han utilizado diversos programas para poder llevar a cabo los cálculos, planos, mediciones o presupuestos. Entre estos, se encuentran los siguientes:

AutoCAD: es un programa de dibujo técnico desarrollado por Autodesk para el uso de ingenieros, arquitectos o profesiones relacionadas con el diseño, entre otros. Es posible crear diseños en 2D y 3D, así como los planos de este proyecto.

Revit: es un programa de modelado de información de construcción, es decir, modelar lo que se construye, desarrollado por Autodesk. Gracias a este programa es posible diseñar estructuras de manera digital, con opción de hacer un diseño bastante completo gracias a todos los complementos que posee. Es posible ver el diseño en 2D y 3D.

SunnyDesign: consiste en un software con el que es posible diseñar plantas fotovoltaicas. Gracias a este programa se puede obtener de manera bastante aproximada, las características de una planta fotovoltaica y los diferentes modelos de elementos que posee en su base de datos. Además, es capaz de proporcionar una evaluación económica de la instalación.

PVWatts Calculator: mediante este programa es posible estimar la energía producida por una instalación fotovoltaica a nivel mundial. Proporciona datos bastante orientativos para conocer la energía producida mensual y diariamente a lo largo de un año. Está orientado a pequeños empresarios e instaladores.

GRAFCAN: ofrece un amplio servicio sobre mapas de Canarias. Gracias a esto, ha sido posible obtener los mapas necesarios adjuntos en este proyecto en el apartado Planos. También proporciona datos de coordenadas de cualquier punto del archipiélago, así como datos de radiación solar sobre distintas superficies, entre otros.

Climate-data.org: software mediante el cual es posible obtener datos climáticos históricos, como temperaturas anuales o cantidad de lluvias en distintas partes del mundo.

CYPE Ingenieros: es un software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Con este programa es posible realizar el diseño y análisis estructural, diseño y cálculo de instalaciones y gestión de obras y documentación de proyecto. Posee una gran fiabilidad en los cálculos pues están actualizados a las últimas normativas nacionales e internacionales.

Microsoft Excel: es un programa de hojas de cálculos desarrollado por Microsoft mediante el cual es posible realizar cálculos numéricos, crear tablas o gráficos, entre otras de sus funciones.

1.4.3 Plan de gestión de calidad aplicado durante la redacción del Proyecto

Para poder garantizar que los resultados finales del proyecto sean de alta calidad, se exige que la redacción del mismo tenga una base de alto nivel de calidad. Para ello se han tenido en cuenta toda la normativa especificada anteriormente. Se destacaría el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo y el Pliego de Condiciones Técnicas (PTC) de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Conectadas a Red del IDAE, pues han marcado las directrices para la redacción y realización de cálculos de este proyecto.

1.4.4 Bibliografía

- [1] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- [2] Pliego de Condiciones Técnicas (PTC) de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Conectadas a Red del IDAE.
- [3] GRAFCAN. (Marzo de 2018). <https://grafcan.es/>
- [4] Sunny Design Web. (Abril de 2018). <https://www.sunnydesignweb.com>
- [5] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (BOE). (Mayo de 2018). <https://www.boe.es/>

- [6] PVWatts Calculator. (Mayo de 2018). <https://pvwatts.nrel.gov>
- [7] SMA Solar. (Mayo de 2018). <https://www.sma.de>
- [8] Atersa. (Mayo de 2018). <http://www.atersa.com>
- [9] K2 System. (Mayo de 2018). <https://k2-systems.com>
- [10] Generador de precios de la construcción. (Junio de 2018).
<http://www.generadordeprecios.info>
- [11] Krannich Solar España. (Junio de 2018). <https://es.krannich-solar.com>
- [12] SOLARMAT. (Junio de 2018). <http://solarmat.es>
- [13] Endesa. (Junio de 2018). <https://www.endesa.com/es.html>
- [14] Climate-Data.org: Datos climáticos mundiales. (Junio de 2018).
<https://es.climate-data.org>

1.5 Abreviaturas y definiciones

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

ITC- BT: Instrucciones Técnicas Complementarias.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

PCT: Pliego de Condiciones Técnicas.

IPC: Índices de Precios al Consumidor.

EBSS: Estudio Básico de Seguridad y Salud.

FV: Fotovoltaico.

PAT: Puesta A Tierra.

CEM: Condiciones Estándar de Medida. Define las condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares. Son las siguientes:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25°C

CTE: Célula de Tecnología Equivalente. Célula solar encapsulada independiente la cual posee una tecnología de fabricación y encapsulado idéntica a la de los módulos fotovoltaico que forman la instalación.

TONC: Temperatura de Operación Nominal de la Célula. Esta es la temperatura que tiene la célula cuando hay una irradiancia de 800 W/m² con una distribución espectral AM 1,5 G, una temperatura ambiente de 20°C y unas condiciones de viento a 1m/s.

Radiación solar: son todas aquellas radiaciones electromagnéticas producidas por el Sol.

Irradiancia: es la magnitud que describe la potencia por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y superficie (kW/m²).

Irradiación: se define como la energía que incide a lo largo de un período de tiempo en una superficie por unidad de superficie (kWh/m²).

Sistema de autoconsumo fotovoltaico: producción de electricidad a partir de módulos fotovoltaicos para el propio consumo.

Inversor fotovoltaico: es un dispositivo capaz de transformar la energía de corriente continua procedente de la generación fotovoltaica en corriente alterna.

Filas de módulos fotovoltaicos (string): subconjunto de módulos interconectados en serie entre sí, o en conjuntos de serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Protecciones eléctricas: dispositivo cuya finalidad es detectar una anomalía en el sistema y actuar de manera automática para evitar posibles daños o averías. Entre la gran variedad que existen, en este proyecto se destacan las siguientes:

- Fusible: dispositivo de protección que se funde por efecto Joule si la intensidad de corriente supera un determinado valor, ya sea por cortocircuito o por exceso de carga.

- Interruptor magnetotérmico: dispositivo cuya función es interrumpir el paso de la corriente al sobrepasar un valor determinado. Para ello se basa en el efecto magnético, gracias a un electroimán y una lámina bimetálica conectadas en serie, y el efecto Joule, es decir, térmico.
- Interruptor diferencial: es un dispositivo de protección para instalaciones de corriente alterna para proteger tanto de accidentes directos como indirectos. Este actúa cuando hay una derivación hacia la toma de tierra, existiendo así una diferencia de corriente entre los conductores y creándose un campo magnético que atraerá al núcleo produciendo así la apertura de los contactos al ser desplazado.

1.6 Requisitos de diseño

1.6.1 Peticionario

Promotor: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT).

Dirección: Camino San Francisco de Paula, s/n. Código postal 38200. San Cristóbal de La Laguna. S/C de Tenerife.

Tutores de TFG: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez.

Contacto: 922 31 83 09.

Correo electrónico: bgdiaz@ull.edu.es y sgonzal@ull.es

1.6.2 Alumno y redactor

Título del proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural.

Autor: Saúl Rodríguez Pérez.

Grado: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

Dirección: Ctra./General del Norte, 169C. Código postal: 38350. Tacoronte. S/C de Tenerife.

Correo electrónico: alu0100827330@ull.edu.es

1.6.3 Emplazamiento

Para situar la localización donde será construido el hotel, haremos uso de unas capturas aéreas obtenidas mediante “Google Maps”. Como se ha comentado anteriormente, se encuentra en la Carretera de La Esperanza (TF-24), La Esperanza, Santa Cruz de Tenerife. En el apartado de planos del proyecto se podrá ver de manera más detallada la situación y el emplazamiento de este, así como el espacio disponible para realizar la instalación.



Figura 1. Ubicación del terreno del hotel

Respecto al espacio donde estarán instalados los paneles fotovoltaicos, será sobre la cubierta del hotel, que tendrá una superficie aproximada de 492 m². Hay que tener en cuenta que se encuentran instaladas unas claraboyas en gran parte de la cubierta, por lo que se empleará el espacio disponible, siendo suficiente para llevar a cabo la instalación, por lo que no será necesario llevar a cabo ninguna obra. Será como se muestra en la siguiente imagen:

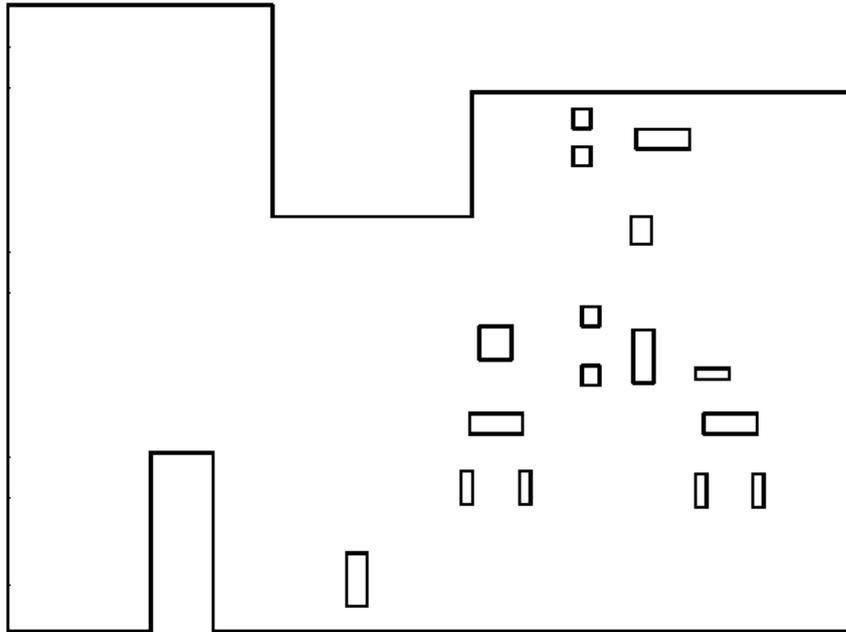


Figura 2. Superficie de la cubierta del hotel

1.6.4 Punto de conexión

El punto de conexión con la red eléctrica estará situado en el cuarto eléctrico del hotel, en el cual se encontrará el cuadro de conexiones, los contadores y el inversor. Según el RD900/2015 será necesario instalar un contador a la salida del sistema de generación, además del contador de la red eléctrica. Ambos serán de energía trifásica, para potencias menores a 15kW homologado por ENDESA.



Figura 3. Punto de conexión

El cuarto eléctrico estará dotado de una ventilación suficiente, mediante la instalación de rejillas para así mantener en buen estado todos los elementos. En la siguiente imagen se puede observar su situación en el hotel y las medidas con las que contará.

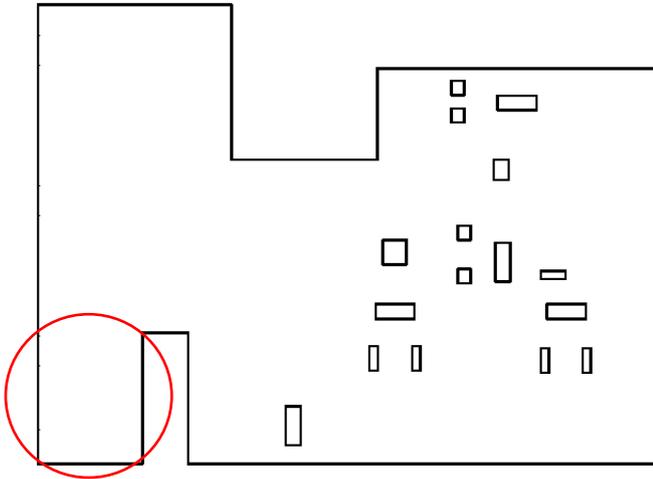


Figura 4. Punto de conexión al hotel

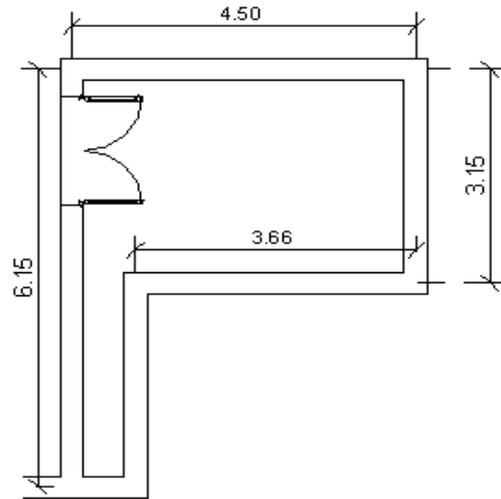


Figura 5. Dimensiones del cuarto eléctrico

1.7 Análisis de soluciones

En este punto se valorarán las alternativas que se han considerado para realizar la instalación fotovoltaica. Por un lado, se plantea la posibilidad de instalar un sistema de acumulación para la energía generada excedente para poder así utilizarla cuando no haya suficiente generación por parte de los módulos, por ejemplo, por las noches o días muy cubiertos.

Por otro lado, también se plantea la opción de acogerse a la modalidad tipo 2 de autoconsumo, por el cual se obtendría un beneficio por la energía sobrante inyectada a la red. O, por el contrario, acogerse a la modalidad tipo 1 y determinar que hacer con la energía sobrante sin un sistema de baterías, es decir, inyectarla a la red o realizar un sistema de inyección cero.

A continuación, se muestra el estudio realizado para comprobar la viabilidad de estas opciones.

En primer lugar, a partir de la predicción de consumo realizada, se ha determinado el número de módulos necesarios para poder cubrir dicho consumo. Se ha obtenido un pico de potencia de 12,21 kW. Se han analizado cuatro módulos de diferentes potencias de la marca

Atersa, con el fin de determinar el mejor que se ajuste a la demanda, así como su precio. Tras realizar un cálculo estimado del número de módulos necesarios y del precio de cada uno, se ha obtenido la siguiente tabla:

Modelo del módulo	Nº de módulos	Precio unitario (€)	Precio total estimado (€)
Atersa 260P	47	176,96	8317,12
Atersa 270P	45	183,77	8269,65
Atersa 315P	39	199,87	7794,93
Atersa 320P	39	203,04	7918,56

Tabla 1. Precio estimado de los módulos FV

Finalmente, el módulo seleccionado ha sido el modelo Atersa 315P, siendo necesaria la instalación de 39 módulos de 315W. Además, se necesita la instalación de un inversor, que en este caso será el Sunny Tripower 15000TL, de la marca SMA. Esto se ha obtenido gracias al programa Sunny Design. Además, en el Anexo I: Cálculos, se ha comprobado la compatibilidad de estos elementos con las condiciones de la instalación.

Una vez seleccionado estos elementos y haber realizado todos las comprobaciones y cálculos necesarios, como el dimensionado del cableado y todas posibles pérdidas ligadas a las condiciones del entorno y de los propios elementos, se ha procedido al cálculo de la energía total generada por la instalación, obteniendo los siguientes resultados:

Mes	PR	E_p (kWh/día)	E (kWh)
Enero	0,90	44,69	1385,36
Febrero	0,89	50,78	1421,92
Marzo	0,89	65,05	2016,50
Abril	0,89	55,34	1660,28
Mayo	0,88	59,14	1833,40
Junio	0,87	60,58	1817,48
Julio	0,85	61,35	1901,80
Agosto	0,85	57,80	1734,03
Septiembre	0,86	60,82	1885,44
Octubre	0,87	50,24	1507,11

Noviembre	0,88	42,14	1306,27
Diciembre	0,90	39,70	1191,12
TOTAL		647,64	20076,74

Tabla 2. Estimación de generación

Gracias a estos datos y al software PVWatts Calculator, el cual proporciona datos aproximados de la energía total producida horariamente en un año por la instalación fotovoltaica, ha sido posible determinar el mejor y el peor mes de producción, que en este caso han sido marzo y diciembre respectivamente. Esto se ha utilizado para poder comparar la energía consumida por el hotel y la energía producida por la instalación fotovoltaica. Se ha obtenido el siguiente gráfico para el mes más favorable.

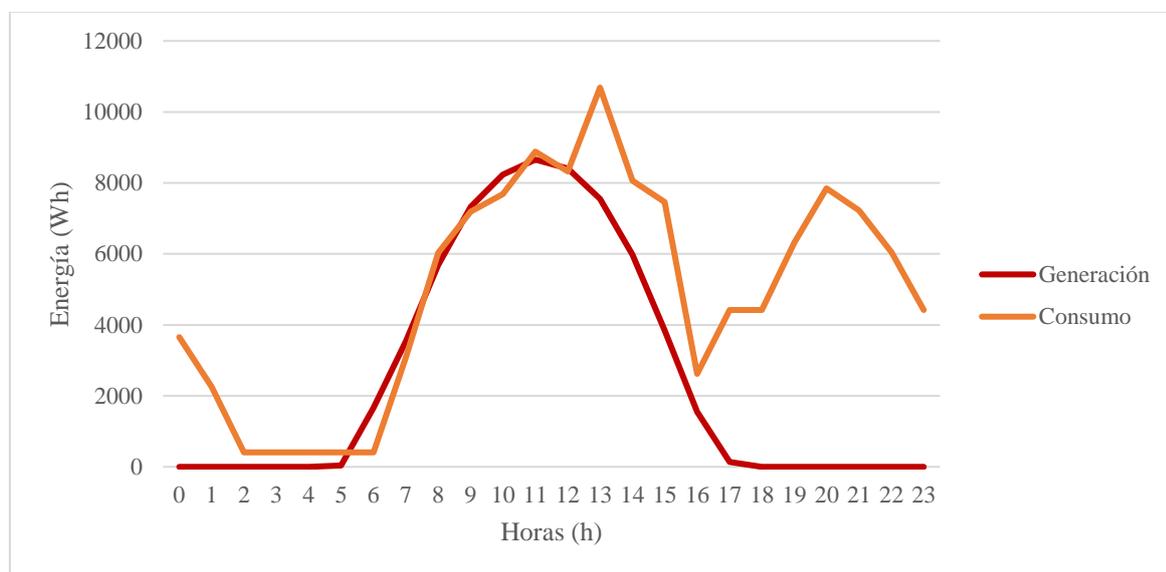


Gráfico 1. Energía consumida y generada en marzo

Este resultado ha sido determinante para establecer las características que tendrá la instalación. Siendo marzo el mes más favorable, es decir, donde mayor producción de energía habrá, entre otras razones, porque el nivel de radiación es mayor, la energía consumida supera prácticamente durante todo el día a la energía producida. Esto, por lo tanto, ha supuesto que no se utilizará sistema de acumulación de la energía sobrante, ya que esto resultaría principalmente que la inversión sea bastante más elevada, ya no solo por la adquisición de los dispositivos, si no por el mantenimiento necesario.

Por otra parte, este hecho también ha servido para determinar que la instalación se encontrará en régimen de autoconsumo tipo 1, inyectando la energía sobrante a la red. Esto se

ha decidido así ya que para poder verter los excedentes y ser remunerados por ellos, se deberá asumir un peaje a la generación, de aproximadamente 0,5 €/MWh y el impuesto del 7% sobre la producción. Debido a que la energía sobrante es poca, se ha optado por descartar esta opción. Además, se inyectará la energía sobrante a la red ya que, para poder realizar una inyección nula, sería necesario dotar a la instalación con un regulador de energía compatible con las características de la instalación, suponiendo así un mayor gasto.

Asimismo, se ha determinado el ahorro neto que se obtendrá a lo largo de 25 años, teniendo en cuenta un 1% de aumento del IPC para cada año, un 5% por el mantenimiento anual y un decremento del 0,8% en el rendimiento de generación de energía.

Año	Ahorro Neto (€)	Año	Ahorro Neto (€)
1	2678,58	14	2746,21
2	2683,72	15	2751,49
3	2688,88	16	2756,77
4	2694,04	17	2762,06
5	2699,21	18	2767,36
6	2704,39	19	2772,68
7	2709,59	20	2778,00
8	2714,79	21	2783,33
9	2720,00	22	2788,68
10	2725,22	23	2794,03
11	2730,45	24	2799,40
12	2735,70	25	2804,77
13	2740,95		
TOTAL		68530,30	

Tabla 3. Ahorro económico por la instalación fotovoltaica

Todo este estudio se encuentra de manera más detallada en el Anexo IV: Energía generada y ahorro.

Por lo tanto, esta instalación tendrá como objeto reducir los pagos por el consumo de la red eléctrica, contribuyendo además en el uso de energías limpias.

Por otro lado, una vez tomadas todas estas decisiones, se ha procedido a realizar el presupuesto de la instalación que viene de manera detallada en el apartado Presupuesto de este proyecto, obteniendo una inversión inicial de 25352,93 €.

En el Anexo IV: Energía generada y ahorro, se ha estudiado a partir de que año comenzará a ser rentable la instalación, mediante el balance de los pagos y el ahorro acumulado, obteniendo que entre el año 12 y 13 se comenzará a obtener beneficio.

1.8 Resultados finales

Teniendo en cuenta las conclusiones y decisiones expuestas en el punto anterior, se procederá a describir las características y los elementos de la instalación.

Respecto a la modalidad de autoconsumo tipo 1, según viene expresado en el RD 900/2015, se establece lo siguiente: “a) Modalidad de autoconsumo tipo 1: corresponde a la modalidad de suministro con autoconsumo definida en el artículo 9.1.a) de la citada Ley 24/2013, de 26 de diciembre. Cuando se trate de un consumidor en un único punto de suministro o instalación, que disponga en su red interior de una o varias instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al consumo propio y que no estuvieran dadas de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, que será el sujeto consumidor.”

Además, se deben cumplir una serie de requisitos para poder acogerse a esta modalidad, entre los que se encuentran:

- Tener una potencia contratada inferior a 100 kW. En este caso, se contratará una potencia de 14,49 kW.
- La cantidad de potencia instalada destinada a la generación de energía deberá ser como máximo la misma que la contratada. Por lo tanto, se cumple el requisito ya que la instalación está diseñada para generar como máximo 12,29 kW.
- El titular de punto de conexión a la red eléctrica y el de la instalación de generación debe ser el mismo.

- Las instalaciones de generación y el punto de conexión a la red cumplirán con los requisitos técnicos vigentes en la normativa del sector eléctrico y la reglamentación de calidad y seguridad industrial.

Como se ha comentado anteriormente, se han seleccionado módulos fotovoltaicos policristalino Atersa 315P, siendo necesarios 39 unidades, pudiendo generar hasta una potencia total de 12,29 kW.

En cuanto a la orientación de los módulos, estarán orientados hacia el sur, al igual que lo estará el hotel, pues ha sido uno de los requisitos de diseño. Por lo tanto, el ángulo que mide la orientación, llamado azimut, tendrá un valor de 0°. Respecto a la inclinación, será de 23°.

A continuación, se muestran algunas de sus características técnicas y físicas:

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-305P	A-310P	A-315P
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)	8,27 A	8,35 A	8,43 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,88 V	37,14 V	37,37 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,78 A	8,83 A	8,88 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,97 V	46,14 V	46,31 V

Figura 6. Características eléctricas del módulo FV

Características físicas	
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (± 0,5 kg)	22,5
Área (m ²)	1,95
Tipo de célula (± 1 mm)	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP67
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1200 mm
Conectores	TYCO PV4

Figura 7. Características físicas del módulo FV



Figura 8. Módulo FV Atersa 315P

Los módulos fotovoltaicos están instalados sobre los soportes correspondientes, los cuales estarán sujetos a la cimentación de la cubierta, garantizando así la fijación de estos antes posibles fenómenos climáticos adversos, así como para mantener la inclinación calculada. Se emplearán soportes de la marca K2 System, específicamente el sistema triangle/multiangle, que como su propio nombre indica, posee una estructura triangular y con un sistema que permite variar el ángulo de inclinación entre 10° y 45°.

Estos son algunos de sus características técnicas:

	Triangle / MultiAngle
Campo de aplicación	Tejados planos o suelo
Tipo de fijación / anclaje al techo	Contrapeso o tornillos autorroscantes
Particularidades técnicas	Separación térmica tras máx. 13,6m
Ángulo de inclinación	10 - 45° de fábrica o regulable individualmente con MultiAngle
Material	<ul style="list-style-type: none"> › Guías de montaje, pletinas de módulo: Aluminio (EN AW-6063 T66/EN AW-6082 T6) › Apto también para placas de PE › Piezas pequeñas: Acero inoxidable (1.4301) A2

Tabla 4. Características técnicas del soporte



Figura 9. Soporte módulo FV

Por otro lado, para poder transformar la corriente continua en alterna, generada por los módulos, se empleará un inversor. En este caso, como se ha comentado, se ha seleccionado el inversor Sunny Tripower 15000TL. En las siguientes imágenes se pueden observar algunas de sus características, tanto técnicas como físicas.



Figura 10. Inversor FV

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 W _p
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%

Figura 11. Datos técnicos del inversor

Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%

Figura 12. Características generales del inversor

La instalación de los módulos se llevará a cabo en la cubierta del hotel. Teniendo en cuenta el espacio disponible y las características del inversor, se agruparán en tres filas de cinco módulos que se conectarán a la entrada A del inversor y dos filas de doce módulos conectadas a la entrada B.

Por otro lado, se ha tenido que calcular la sección y longitud que tendrán los cables de la instalación, teniendo en cuenta las especificaciones reflejadas en el PCT del IDAE y en las ITC del REBT. Para determinar la sección se ha tenido en cuenta principalmente la longitud, la caída de tensión y la intensidad que va a pasar por el conductor. Se han seleccionado conductores de tipo B, tanto para el cableado de CC como CA, los cuales son conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrado en obra. El cable seleccionado ha sido cable unipolar RV-K, con una tensión asignada de 0,6/1kV con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC.



Figura 13. Cable RV-K

Una vez dimensionado el cableado, se ha estudiado el número de conductores que se transportarán en la misma canalización y poder así seleccionar el diámetro adecuado de la misma. Las canalizaciones entre los módulos y el inversor y el cuadro de conexiones serán fijas en superficies en tubos de PVC, serie B.

Otros de los elementos importantes que se han tenido que determinar, han sido las protecciones necesarias que deben tener los distintos tramos de cableado para poder proteger al sistema y a los usuarios contra sobreintensidades o sobretensiones. Para ello se han elegido fusibles tipo gG para los tramos de CC y un interruptor magnetotérmico y uno diferencial para el tramo de CA. Todas las características de estos están reflejadas en el Anexo I: Cálculos.

Además, todo el sistema estará conectado a la misma toma de tierra como medida de seguridad en caso de que se produjera algún fallo y reducir así el peligro al entrar en contacto con alguna superficie o material conductor. Estará compuesta por electrodos, que en este caso se han seleccionado 6 picas de 2,5 m de longitud, conectadas en paralelo por un anillo conductor.

Por último, hay que tener en cuenta que según el RD 900/2015, se deberá instalar un equipo de medida para registrar la generación neta de la instalación situado a la salida de la misma, y otro equipo de medida independiente para medir el consumo de la red eléctrica. Para ambos casos se empleará un contador de energía trifásico, en este caso, para potencias contratadas inferiores a 15kW, homologado por Endesa, con sistemas PLC y PRIME.



Figura 14. Contador para autoconsumo

1.9 Planificación

En la siguiente figura se muestra la planificación de las distintas tareas que se llevarán a cabo. Entre estas tareas se encuentran los trámites administrativos previos al comienzo de la obra, la compra de los distintos materiales y elementos, la instalación de estos, las comprobaciones y un control de calidad.

Tras haber realizado los trámites correspondientes para poder comenzar con la obra, se procederá a la compra de todos los elementos que componen la instalación como los módulos, los soportes, el inversor o el contador, además los elementos como el cableado, las protecciones o las canalizaciones.

Una vez finalizada toda la instalación de los elementos, se comprobará el correcto funcionamiento de esta, además de realizar un control de calidad para verificar que todo cumple con las exigencias previamente estudiadas.

Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (días)	Septiembre					Octubre																							Noviembre							
				24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	
Trámites administrativos	24/09/2018	28/09/2018	5	█																																			
Preparación	01/10/2018	10/10/2018	8						█																														
Compra de material fotovoltaico	01/10/2018	03/10/2018	3						█																														
Compra de material de instalación eléctrica	04/10/2018	05/10/2018	2									█																											
Compra de material de obra e instalaciones provisionales	06/10/2018	10/10/2018	3											█																									
Instalación de soportes de módulos FV	11/10/2018	17/10/2018	5																█																				
Instalación de módulos FV	18/10/2018	24/10/2018	5																					█															
Instalación de módulos	18/10/2018	22/10/2018	3																					█															
Conexionado de módulos	23/10/2018	23/10/2018	1																					█															
Instalación de protecciones	24/10/2018	24/10/2018	1																					█															
Instalación de inversor	25/10/2018	25/10/2018	1																					█															
Instalación eléctrica	26/10/2018	31/10/2018	4																					█															
Canalización del cableado	26/10/2018	29/10/2018	2																					█															
Instalación de cuadro de protecciones	30/10/2018	30/10/2018	1																					█															
Instalación de magnetotérmico y diferencial	30/10/2018	31/10/2018	2																					█															
Instalación de contador	31/10/2018	31/10/2018	1																					█															
Comprobaciones	01/11/2018	05/11/2018	3																					█															
Control de calidad	06/11/2018	08/11/2018	3																								█												

Figura 15. Planificación

1.10 Orden de prioridad entre los documentos

A continuación, se muestra el orden de prioridad de documentos para el presente proyecto:

- 1 Planos.
- 2 Pliego de condiciones.
- 3 Presupuesto.
- 4 Memoria.

Conclusions

In conclusion, the selected module has been the model Atersa 315P, being necessary the installation of 39 modules. In addition, the chosen inverter has been the Sunny Tripower 15000TL, of the SMA brand, as it conforms to the conditions of the installation.

Once the wiring has been dimensioned, gG type fuses have been selected for the DC parts and a magneto-thermal switch and a differential switch for the AC part.

In addition, the production of the photovoltaic system has been studied for the best and worst month of the year and has been compared with the consumption of the hotel. This has meant that the energy generated is practically less than consumed, so the installation will be in self-consumption regime type 1 without using system of accumulation of excess energy, injecting it into the grid. Because if not, to accumulate this low energy and not injecting it to the grid would suppose an increase in the investment.

Finally, it has been obtained that, with this installation, which has assumed an initial investment of 25352,93 €, will be amortized between the year 12 and 13 because the balance between savings and investment goes from being negative to positive, which means obtaining benefit.

Therefore, this installation will aim to reduce payments for the consumption of the electricity network, also contributing to the use of clean energies.

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



ANEXOS

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

Anexo I: Cálculos

Anexo II: Estudio Básico de Seguridad y Salud

Anexo III: Mantenimiento

Anexo IV: Energía generada y ahorro

Anexo X: Fichas técnicas de los elementos de la instalación

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



**Universidad
de La Laguna**

ANEXO I: CÁLCULOS

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Predicción de consumo.....	1
2	Selección de módulo fotovoltaico	2
3	Localización	3
4	Orientación e inclinación	3
5	Distancia y distribución de filas y módulos	4
5.1	Cálculo de distancia mínima	4
5.2	Distribución de módulos	5
6	Elección del inversor.....	6
6.1	Modelo del inversor	6
6.2	Verificación de compatibilidad del inversor con la instalación	7
7	Elección del soporte de los módulos fotovoltaicos	11
8	Dimensionado y elección del cableado	12
8.1	Dimensionado del cableado	12
8.1.1	Longitud del cableado	12
8.1.2	Intensidad máxima admisible por el conductor.....	14
8.1.3	Sección del cableado	16
8.2	Canalizaciones.....	19
9	Protecciones	21
9.1	Protecciones contra sobrintensidades.....	21
9.2	Protecciones contra sobretensiones	25
9.3	Protecciones contra contactos directos.....	25
9.3.1	Protección por aislamiento de las partes activas	25
9.3.2	Protección por medio de barreras o envolventes.....	25
9.3.3	Protección por medio de obstáculos	26
9.3.4	Protección por fuera de alcance por alejamiento.....	26
9.3.5	Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.....	26
9.4	Protecciones contra contactos indirectos.....	26
9.4.1	Protección por corte automático de la alimentación.....	26
9.4.2	Protección por empleo de equipos de clase II o aislamiento equivalente	27
9.4.3	Protección en los locales o emplazamientos no conductores	27
9.4.4	Protección con conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.....	27
9.4.5	Protección por separación eléctrica.....	27
10	Puesta a tierra	27
11	Cálculo de pérdidas	29

11.1	Pérdidas en los cableados	30
11.2	Pérdidas por temperatura	31
11.3	Pérdidas por presencia de polvo	32
11.4	Pérdidas por dispersión de parámetros entre módulos	32
11.5	Pérdidas por orientación e inclinación.....	33
11.6	Pérdidas por sombreado.....	35
12	Cálculo de potencia total estimada	36

1 Predicción de consumo

Mediante este documento se pretende exponer las características y datos obtenidos antes de realizar el estudio de la instalación fotovoltaica.

Previamente se ha realizado el diseño de la instalación eléctrica, de fontanería, contraincendios y de ventilación.

El horario que se ha considerado es el siguiente:

- Recepción: 08:00 a 23:00
- Desayuno: 07:00 a 11:00
- Comida: 12:00 a 15:00
- Cena: 20:00 a 22:00
- Servicio de limpieza (lunes, miércoles, viernes y domingo): 8:00 a 15:00

A continuación, se muestra una tabla donde se especifican todos los electrodomésticos y el material eléctrico que se encuentran distribuidos por las distintas salas y baños del hotel, así como en las habitaciones. Para ver la distribución de estos, consultar el apartado Planos.

Elementos	Cantidad	P por elemento(W)
Televisión	9	230
Pantalla PC	1	75
Torre PC	1	65
Router	1	7
Nevera	1	185
Congelador	1	160
Extractor humo	1	500
Horno	1	1200
Placa inducción	2	1400
Microondas	1	1000
Lavavajillas	1	3400
Batidora	1	300
Tostadora	1	3600
Lavadora	2	250
Secadora	2	1200
Aspiradora	1	800
Luminaria Sistema Modular	46	48,5
Luminaria Fluorescente	23	66

Tabla 1. Potencia instalada

Se ha hecho una predicción del perfil del consumo eléctrico para poder hallar principalmente el consumo anual y el valor máximo que se podría alcanzar a una determinada

hora del día. A partir de los datos de potencia, y de las predicciones estimadas a partir del horario establecido, se ha obtenido el siguiente gráfico del perfil de consumo diario a lo largo de una semana:

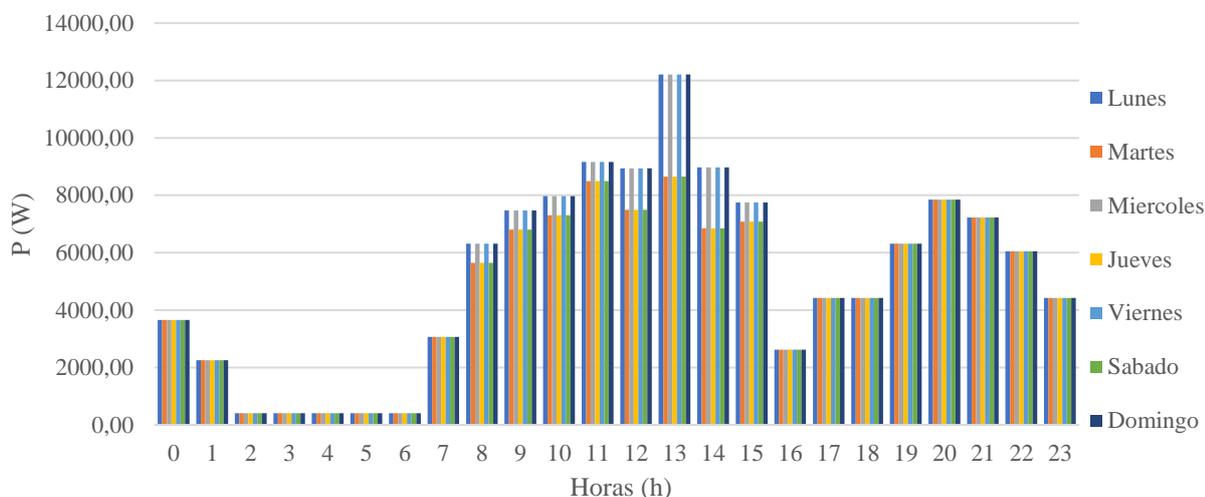


Gráfico 1. Perfil de consumo semanal horario

Mediante este perfil se ha considerado que el valor el consumo anual será de 43306,28 kWh y que el dato más alto de la potencia que se registra a lo largo del día es de 12,21 kW, siendo por lo tanto el valor de potencia pico (kWp). Estos han sido clave a la hora de diseñar la instalación fotovoltaica, ya que el valor de potencia pico determinará el número mínimo de módulos fotovoltaicos.

2 Selección de módulo fotovoltaico

A partir del diseño del perfil de potencia y determinar el valor más alto registrado a lo largo de un día, de 12,21 kW, se ha estudiado el número de paneles necesarios en función de la potencia suministrada y el precio de este. Se ha realizado una tabla en donde se puede observar los cuatro paneles que se han valorado, teniendo en cuenta la cantidad necesaria para poder suplir la demanda y el precio final.

Potencia módulo (W)	Precio por unidad (€)	Cantidad	Precio final (€)
260	176,96	47	8.317
270	183,77	45	8.269
315	199,87	39	7.794
320	203,04	39	7.915

Tabla 2. Estudio de selección del módulo FV

Por lo tanto, el panel seleccionado ha sido el de 315 W, pues, además utilizar un menor número de paneles respecto a los módulos de menor potencia, es la opción más económica. Así, el módulo seleccionado será el 315P de la compañía Atersa.

3 Localización

La superficie donde será construido el hotel se encuentra aproximadamente a 879 msnm (metros sobre el nivel del mar) en la Carretera de La Esperanza (TF-24), La Esperanza, Santa Cruz de Tenerife, correspondiendo a las siguientes coordenadas:

- Latitud: $28^{\circ} 26' 45.9''$ N
- Longitud: $16^{\circ} 21' 57.7''$ O

4 Orientación e inclinación

Para poder realizar la instalación de los paneles solares y realizar los cálculos necesarios, como los de pérdidas, las conexiones o el cableado, primero es preciso saber la orientación e inclinación que deben tener.

Respecto a la orientación, se calculará a partir del ángulo azimut α , el cual es el ángulo que existe entre la superficie del módulo y el meridiano del lugar. En el caso de nuestra instalación, que se encuentra en el hemisferio norte, será el ángulo respecto al sur. En nuestro caso, los paneles estarán orientados hacia el sur, por lo que su valor será 0° .

En cuanto a la inclinación β , será el ángulo que existe entre la superficie de los módulos y el plano horizontal. Este valor se determinará mediante una serie de fórmulas.

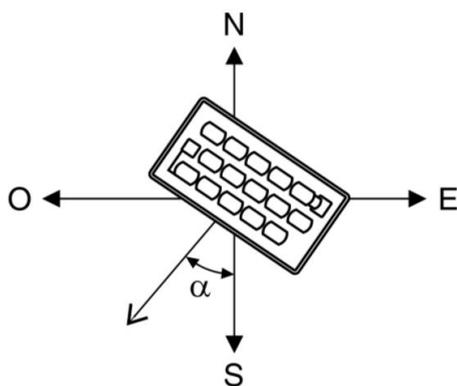


Figura 2. Ángulo de orientación [2]

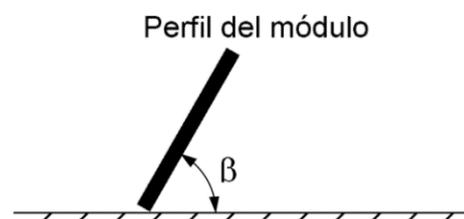


Figura 1. Ángulo de inclinación [2]

Dependiendo de la época del año, la inclinación ideal para que los módulos puedan captar una mayor cantidad de energía solar variará debido a la incidencia de rayos solares en la superficie terrestre. En el caso de este proyecto, se determinará la inclinación óptima anual a partir de la latitud $\varnothing = 28^\circ$, a la cual se le restarán 5° .

Así, obtenemos que la inclinación óptima anual para los módulos, que será de $\beta = 23^\circ$.

5 Distancia y distribución de filas y módulos

5.1 Cálculo de distancia mínima

A continuación, se realizarán los cálculos oportunos para realizar la instalación de los módulos de tal manera que no proyecten sombras entre ellos.

Para ello, se ha hecho uso del PCT donde se define d como la distancia, medida sobre el plano horizontal, que existe entre los módulos o una fila y un obstáculo a una cierta altura h pudiéndose así proyectar alguna sombra sobre algunos de los módulos. Además, esta distancia debería garantizar al menos 4 horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno.

Por lo tanto:

$$d \geq k * h$$

Donde:

- k : Factor adimensional, calculado a partir de la siguiente expresión:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

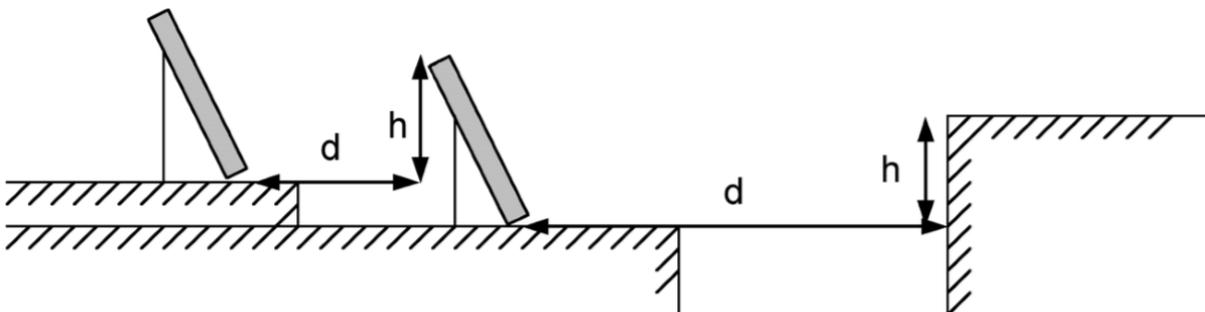


Figura 3. Distancia entre módulos [2]

Con los datos que se han obtenido de latitud $\theta = 28^\circ$, el ángulo de inclinación $\beta = 23^\circ$, y mediante la ficha técnica de los módulos, de la cual se observa que las dimensiones son 1965x990x40 (mm), donde $L = 1,965$ m, se obtiene que:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - 28^\circ)} = 1,54$$

$$h = L * \text{sen}(\beta) = 1,965 * \text{sen}(23) = 0,77 \text{ m}$$

$$d \geq 1,54 * 0,77 = 1,19 \text{ m}$$

Así pues, se determina que la distancia mínima que debe existir entre las distintas filas de módulos será de 1,19 m. Se ha dejado una separación mínima de 1,25 m y máxima de 1,5 m, tanto entre las filas de los módulos como con los muros que rodean toda la cubierta, cuya altura es de 0,7 m, con una distancia mínima necesaria de $d \geq k * h = 1,54 * 0,7 = 1,08$ m, con un valor menor que el de la distancia calculada entre módulos.

Respecto a las claraboyas que se encuentran en la cubierta, no se han tenido en cuenta como elemento que pudiera producir sombra sobre los módulos pues su altura es insignificante en comparación con los módulos. Aun así, se ha contemplado dejar un espacio suficiente para poder moverse y acceder fácilmente a la instalación.

5.2 Distribución de módulos

A partir de los cálculos anteriores y respetando los elementos que se encuentran en la cubierta, en este caso las claraboyas, se ha determinado la distribución óptima, teniendo en cuenta que la conexión de los módulos al inversor, el cual posee dos entradas.

Para calcular el número de módulos necesarios se ha tomado el valor pico estimado de potencia que se producirá durante un día, que será de 12,21 kW. Se instalarán un total de 39 módulos de 315W cada uno, pudiendo así abastecer hasta un máximo de 12,29 kW, garantizando el consumo máximo. Estarán distribuidos en tres filas de cinco módulos y dos filas de doce módulos. Los paneles entre sí estarán conectados en serie, mientras que la conexión entre filas será en paralelo.

En las siguientes imágenes podemos ver hacia donde se encuentra el sur, que es hacia donde estarán orientados los módulos, y distribución de la instalación:



Figura 4. Dirección del sur

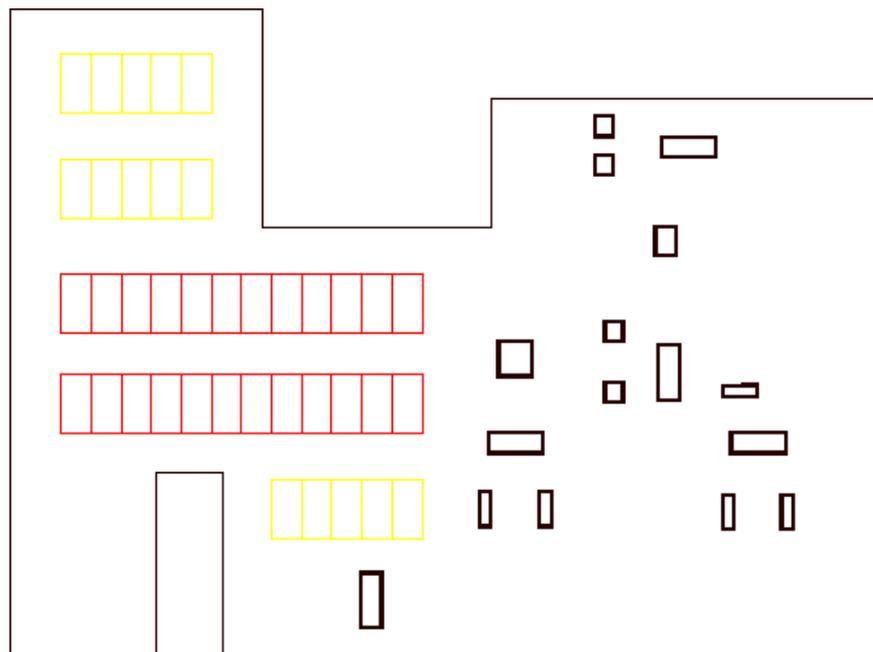


Figura 5. Distribución de módulos

6 Elección del inversor

6.1 Modelo del inversor

Para elegir un inversor que se ajuste a las características de la instalación se ha utilizado el programa Sunny Design. Para ello se han introducido todos los datos calculados previamente,

tanto el perfil del consumo como los datos de orientación, así como el número de paneles necesarios.

Finalmente, hará falta un inversor de 15kW, el STP 15000TL. Está compuesto por dos entradas: la entrada A, por la que se conectarán las tres filas de cinco módulos; y la entrada B, donde se acoplarán las dos filas de doce módulos. Obtenemos la siguiente información de los datos previstos del rendimiento del inversor y de la compatibilidad con la instalación fotovoltaica.

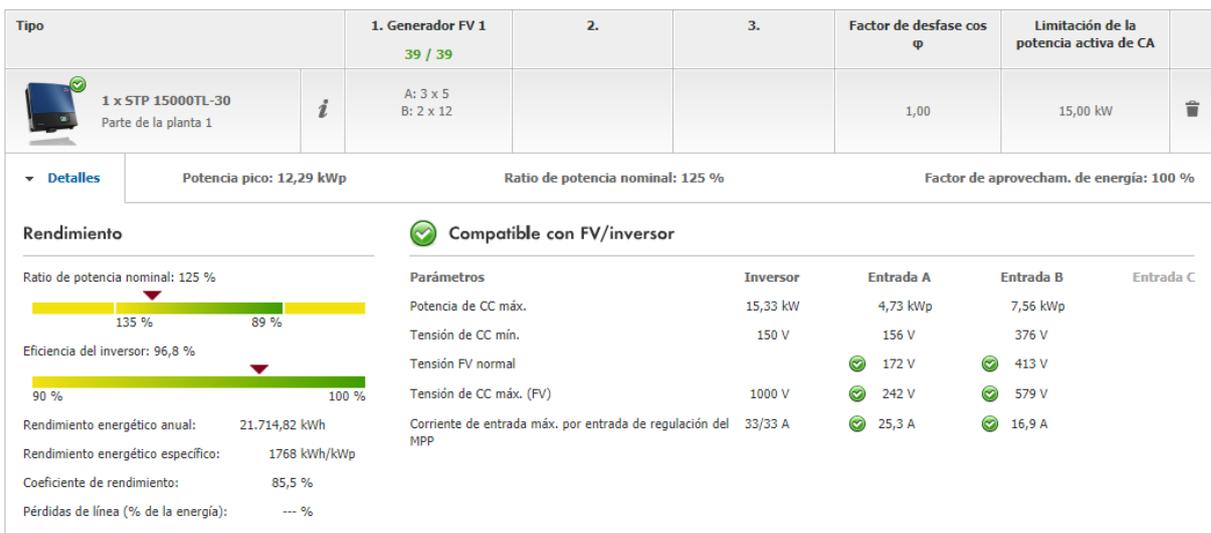


Figura 6. Datos previstos del inversor

6.2 Verificación de compatibilidad del inversor con la instalación

A continuación, se realizarán los cálculos para verificar que este inversor cumple con las características requeridas para la instalación. Para ello se extraerá previamente una serie de información de la ficha técnica del módulo y del inversor que se utilizará posteriormente en los cálculos.

Para el módulo fotovoltaico se tiene lo siguiente:

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-305P	A-310P	A-315P
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)	8,27 A	8,35 A	8,43 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,88 V	37,14 V	37,37 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,78 A	8,83 A	8,88 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,97 V	46,14 V	46,31 V

Figura 7. Características eléctricas del módulo FV

Rango de funcionamiento	
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V (IEC)/ CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h)
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

Figura 8. Rango de funcionamiento del módulo FV

De todos estos datos harán falta:

Parámetro	Valor
V_{mpp} : Voltaje de máxima potencia	37,37 V
V_{oc} : Voltaje de circuito abierto	46,31 V
V_{max} : Voltaje máximo del sistema	1000 V
I_{max} : Corriente de punto de máxima potencia	8,43 A

Tabla 3. Datos extraídos para el módulo FV

Respecto a los datos del inversor:

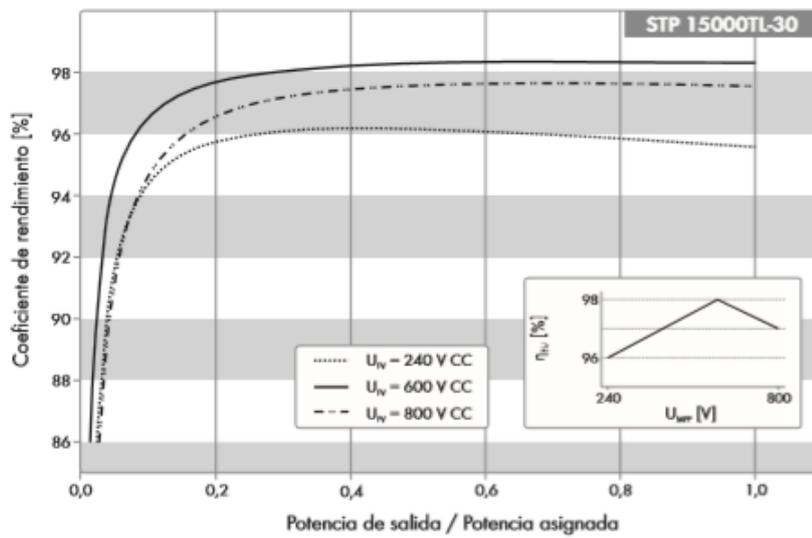


Figura 9. Curva de rendimiento del inversor

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 Wp
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3

Figura 10. Datos técnicos del inversor

De las dos figuras anteriores se extrae:

Parámetro	Valor
V_{mpp}	600 V
V_{max}	1000 V
P_{max}	27000 W
I_{max}	33 A
Rango de tensión MPP	240 V a 800 V
Nº de entradas de MPP independientes/ strings por entrada de MPP	2 / A:3; B:3

Tabla 4. Datos extraídos para el inversor

Una vez obtenidos los datos anteriores, se podrá llevar a cabo los cálculos para verificar que el inversor seleccionado cumple con los requisitos de la instalación.

En primer lugar, se determinará el número máximo de módulos en serie por string (N):

$$N \leq \frac{V_{mpp}(inversor)}{V_{mpp}(módulo\ FV)} = \frac{600}{37,37} = 16,06$$

En el caso de esta instalación, se conectan como máximo 12 módulos por fila. Aun así, se estudiará el peor caso con $N = 16$ módulos por fila, pues si se cumple para este valor, nuestra instalación estaría correcta ya que hay menos módulos por fila.

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) $V_{oc}(fila) < V_{max}(inversor) = 1000\ V$

$$V_{oc}(fila) = N * V_{oc} = 16 * 46,31 = 740,96\ V$$

Por lo tanto, esta condición se cumple, pues $740,96\ V < 1000\ V$.

b) $V_{oc}(fila) < V_{max}(módulo) = 1000\ V$

También se cumple la condición, ya que $740,96\ V < 1000\ V$.

c) $V_{mpp}(fila) \leq \text{Rango de tensión MPP (inversor)} = 240\ a\ 800\ V$

$$V_{mpp}(fila) = N * V_{mpp}(módulo) = 16 * 37,37 = 597,92\ V$$

Finalmente se verifica que $240\ V < 597,92\ V < 800\ V$.

Por otro lado, se deberá calcular la cantidad de filas que se pueden conectar a cada entrada del inversor y comprobar que nuestra instalación se ajusta. Se realizará de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ maximo de filas} = \frac{P_{max}(inversor)}{N * P(módulo)} = \frac{27000}{16 * 315} = 5,36$$

Además, se debe verificar que:

- a) $N^{\circ} \text{ de filas} \leq N^{\circ} \text{ de filas máximas admitidas por el inversor}$

El nº de filas máximas admitidas por las entradas el inversor, según las especificaciones es de A: 3 y B: 3, es decir, un total de 6, cumpliéndose así que $5,36 < 6$.

- b) $I_{max}(inversor) > I_{max}(fila) * N^{\circ} \text{ filas}$

Como la conexión de los módulos en las filas es en serie, la corriente que circulará por estos será la misma. Estudiaremos el peor caso, que será la conexión de tres filas a la entrada A del inversor, ya que a la entrada B sólo se conectarán dos dilas. Por lo tanto, se tiene que $I_{max}(inversor) = 33 \text{ A}$ y que $I_{max}(fila) * N^{\circ} \text{ filas} = 8,43 * 3 = 25,29 \text{ A}$.

Finalmente se comprueba que se cumple la condición, pues $33 \text{ A} > 25,29 \text{ A}$.

Por último, se deberá tener en cuenta el parámetro de temperatura, pues para temperaturas inferiores a la nominal, la tensión suministrada por los módulos a la entrada del inversor será mayor. Este fenómeno se puede ver incrementado cuando el inversor comience a funcionar una mañana de invierno bastante fría.

A partir de la siguiente información obtenida a través de la página web climate-data.org, se ha extraído el valor de la temperatura mínima registrada en la localización del proyecto para así estudiar el peor de los casos.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	11.1	11.3	12.4	12.9	14.2	16.3	18.9	19.6	18.6	16.8	14.1	11.8
Temperatura min. (°C)	8	8.2	8.9	9.3	10.6	12.6	14.9	15.2	14.8	13.1	11.1	8.8
Temperatura máx. (°C)	14.2	14.5	15.9	16.5	17.9	20.1	23	24.1	22.5	20.6	17.2	14.9

Figura 11. Temperaturas por Climate-Data

Se observa así, que la temperatura mínima se registra en el mes de enero, con un valor de $T_{min} = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Hará falta la temperatura a la que se encontrará la célula para estas condiciones. En el apartado de pérdidas por temperatura, se ha calculado que para el mes de enero $T_c = 30,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Por otra parte, también será necesario el parámetro térmico de coeficiente de temperatura de V_{oc} del módulo fotovoltaico, que viene dado por el fabricante y que se puede encontrar en la ficha técnica, con un valor de $g = -0,32\% / ^\circ\text{C}$.

A partir de la siguiente expresión y con los datos extraídos, se podrá calcular el incremento de tensión provocada por esta diferencia de temperatura.

$$\Delta V_{T_{min}} = g * V_{oc} * \Delta T_{min}$$

Donde:

- $\Delta T_{min} = T_{min} - T_{célula} = 8 - 30,2 = -22,2$
- $V_{oc} = 46,31 \text{ V} * 16 \text{ módulos por fila} = 740,96 \text{ V}$

De esta manera se obtiene que:

$$\Delta V_{T_{min}} = \frac{-0,32}{100} * 740,96 * -22,2 = 52,64 \text{ V}$$

Finalmente se determina la tensión máxima que podría existir a la entrada del inversor:

$$V_{oc_{total}} = 740,96 + 52,64 = 793,6 \text{ V}$$

Se comprueba así que este valor está dentro del rango de tensión admitida por el inversor, ya que $240 \text{ V} < 793,6 \text{ V} < 800 \text{ V}$. Es un valor muy próximo al extremo superior, pero estos cálculos han sido realizados para el peor de los casos, por lo que el valor para la instalación de este proyecto será menor.

7 Elección del soporte de los módulos fotovoltaicos

Se han seleccionado soportes de la marca K2 System para la instalación de los módulos. Entre los modelos disponibles, se ha elegido el componente del sistema triangle/multiangle, el cual posee una estructura triangular sobre la superficie, con la posibilidad de regular el ángulo de los soportes entre 10° y 45° , pudiéndose adaptar así a la inclinación de los módulos requerida para la instalación de este proyecto (23°).

Se han consultado los datos técnicos y se han obtenido las siguientes medidas disponibles para cada soporte: 2,10 m - 3,43 m - 4,35 m - 5,40 m - 6,10 m. Con estos datos, sabiendo que las dimensiones de los módulos son de 1965x990x40 y que están divididos en 3 filas de 5 módulos y 2 filas de 12 módulos, se podrá calcular los soportes necesarios.

Para las filas de 5 módulos, será suficiente con un soporte de 5,40 m para cada fila, es decir 3 soportes, ya que el ancho de un módulo es de 0,99 m, resultando 4,95 m por fila.

Para las filas de 12 módulos bastará con instalar dos soportes de 6,10 m para cada fila, es decir 4 soportes, con un total de 12,2 m por fila, pues los módulos ocuparán un total de 11,88 m en cada una.

8 Dimensionado y elección del cableado

A continuación, se muestran los cálculos llevados a cabo para determinar el dimensionado de los conductores, así como el diseño de estos. Se hará uso del PCT del IDAE y de la Instrucción Técnica Complementaria, en concreto la ITC-BT-40: Instalaciones Generadores de Baja Tensión, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

8.1 Dimensionado del cableado

8.1.1 Longitud del cableado

Según el PCT del IDAE, “El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas”, por lo que se han diseñado las conexiones ajustándose a este requisito, teniendo en cuenta la ida y el retorno del módulo al inversor y que los cables estarán holgados.

En las siguientes figuras se puede observar el recorrido que se ha tenido en cuenta para calcular la longitud de los conductores.

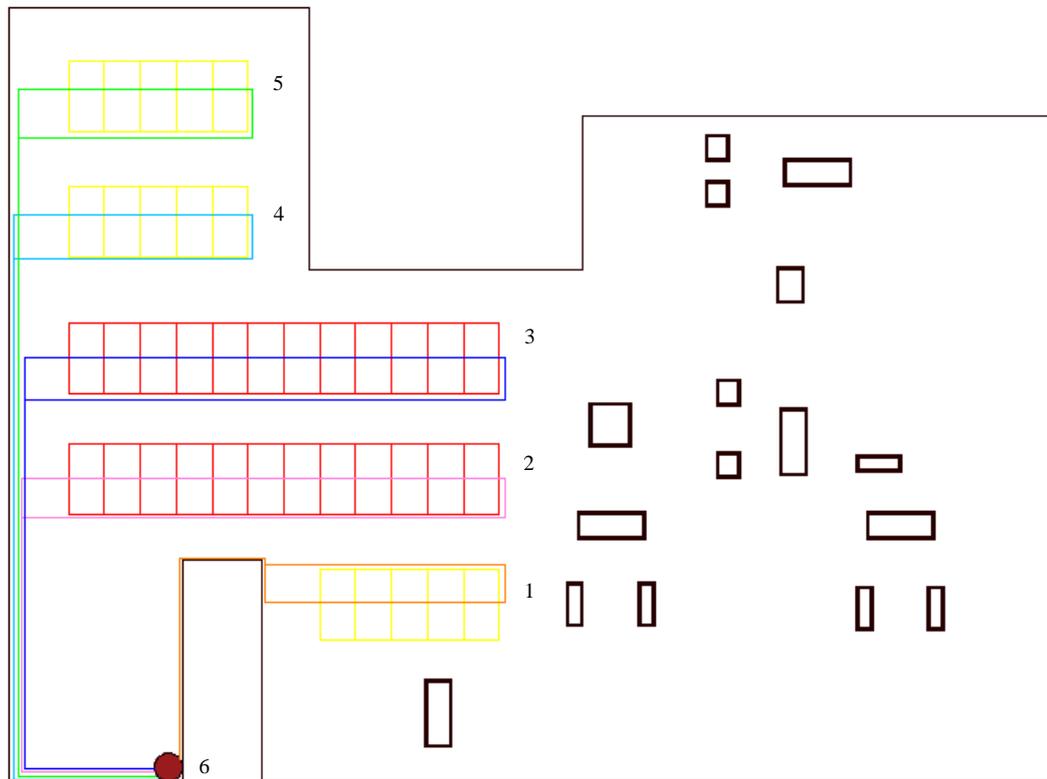


Figura 12. Cableado visto desde planta

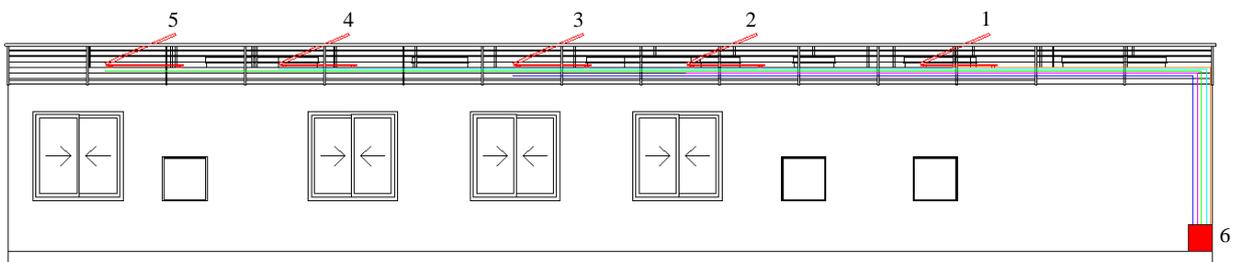


Figura 13. Cableado visto desde perfil este

En las figuras se muestran por colores las distintas conexiones de los cables y elementos. Cada conexión de la fila de módulos al inversor posee una numeración y un color para poder identificarlos más fácilmente. Las filas de paneles amarillos (elementos 1, 4 y 5) serán las que se conecten a la entrada A del inversor, mientras que las filas de paneles rojos (elementos 2 y 3) serán las de la entrada B. Además, el punto de color rojo (elemento 6), será el inversor.

En las siguientes tablas se especifican y se muestran las longitudes del cableado para cada entrada del inversor teniendo en cuenta los requisitos que se han comentado.

Nº	Color	Conexión	Entrada Inversor	Longitud (m)
1	Naranja	Fila de 5 módulos – Inversor	A	38
4	Cian	Fila de 5 módulos – Inversor	A	63
5	Verde	Fila de 5 módulos – Inversor	A	70
TOTAL				171

Tabla 5. Longitud del cableado entrada A del inversor

Nº	Color	Conexión	Entrada Inversor	Longitud (m)
2	Rosado	Fila de 5 módulos – Inversor	B	65
3	Azul	Fila de 5 módulos – Inversor	B	72
TOTAL				137

Tabla 6. Longitud del cableado entrada B del inversor

Por otro lado, el cableado del inversor al punto de conexión será de 50 metros aproximadamente.

8.1.2 Intensidad máxima admisible por el conductor

Para determinar la corriente máxima que puede circular por el cableado se determinará a partir de la siguiente fórmula:

$$I_{max} = \frac{P}{V_{mp}}$$

Los datos de potencia (P) y tensión para el punto de máxima potencia (V_{mp}) se obtendrán de la ficha de características técnicas del módulo fotovoltaico.

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-305P	A-310P	A-315P
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)	8,27 A	8,35 A	8,43 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,88 V	37,14 V	37,37 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,78 A	8,83 A	8,88 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,97 V	46,14 V	46,31 V

Figura 14. Características técnicas del módulo FV

Se obtiene que:

- $P = 315 \text{ W}$
- $V_{mp} = 37,37 \text{ V}$

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el inversor posee dos entradas, cada una con valores diferentes de potencia, tensión y por lo tanto de intensidad, ya que la configuración de las filas y los módulos es diferente. Se determinará por lo tanto los valores para cada una de ellas.

A la entrada A del inversor estarán conectados tres filas de cinco módulos. El voltaje total será el calculado para una fila, pues se encuentran conectadas en paralelo:

$$V = 5 \text{ módulos} * 37,37 \text{ V} = 186,85 \text{ V}$$

En cuanto a la potencia total:

$$P = 3 \text{ filas} * 5 \text{ módulos} * 315 \text{ W} = 4725 \text{ W}$$

Por lo tanto, la intensidad máxima admisible para la entrada A del inversor será:

$$I_{\max A} = \frac{4725}{186,85} = 25,29 \text{ A}$$

A la entrada B están conectadas dos filas de doce módulos. Mediante el mismo procedimiento que para la otra entrada, se obtiene que:

$$V = 12 * 37,37 \text{ V} = 448,44 \text{ V}$$

$$P = 2 \text{ filas} * 12 \text{ módulos} * 315 = 7560 \text{ W}$$

Así, la corriente máxima será:

$$I_{\max B} = \frac{7560}{448,44} = 16,86 \text{ A}$$

Respecto al cableado del inversor al punto conexión, se tomarán los valores de tensión nominal para CA de 230 V/400 V, así como la corriente máxima a la salida del inversor de 29 A. Estos valores se han extraído de la ficha de características técnicas del inversor, reflejados en la siguiente imagen.

Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3

Figura 15. Datos técnicos de la salida del inversor

8.1.3 Sección del cableado

Para determinar la sección de los conductores se debe tener en cuenta la condición expuesta en la ITC-BT-40: “Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal”. Por otro lado, en el PCT viene reflejado que no es recomendable superar el 0,5%, por lo que se tomará este valor para el dimensionado de los conductores.

La sección del cableado para CC se determinará a partir de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V}$$

En el caso del cableado en CA, se calculará de la siguiente forma:

$$S = \frac{2 * L * I * \cos(\varphi)}{\sigma * \Delta V} \quad (\text{línea monofásica})$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 2 * L * I * \cos(\varphi)}{\sigma * \Delta V} \quad (\text{línea trifásica})$$

Donde:

- S: sección del conductor.
- σ : conductividad del material del cableado. En este caso será de cobre, con un valor de $\sigma = 56 (\Omega * \text{mm}^2/\text{m})^{-1}$.
- L: longitud del cableado.
- I: intensidad máxima admisible por el cable. Se tomará el 125%.

- ΔV : caída de tensión admisible. Se tomará 1% para la parte de CC y 0,5% para la parte de CA.
- $\cos(\varphi)$: factor de potencia. Se tomará un valor de 1.

A continuación, se muestran los cálculos de la sección de los distintos tramos de cableado entre las filas de los módulos y el inversor:

- Fila 1 de 5 módulos a la entrada A del inversor:

$$S = \frac{2 * 38 * (1,25 * 25,29)}{56 * (0,01 * 186,85)} = 22,96 \text{ mm}^2$$

- Fila 2 de 5 módulos a la entrada A del inversor:

$$S = \frac{2 * 63 * (1,25 * 25,29)}{56 * (0,01 * 186,85)} = 38,07 \text{ mm}^2$$

- Fila 3 de 5 módulos a la entrada A del inversor:

$$S = \frac{2 * 70 * (1,25 * 25,29)}{56 * (0,01 * 186,85)} = 42,30 \text{ mm}^2$$

- Fila 4 de 12 módulos a la entrada B del inversor:

$$S = \frac{2 * 65 * (1,25 * 16,86)}{56 * (0,01 * 448,44)} = 10,91 \text{ mm}^2$$

- Fila 5 de 12 módulos a la entrada B del inversor:

$$S = \frac{2 * 72 * (1,25 * 16,86)}{56 * (0,01 * 448,44)} = 12,08 \text{ mm}^2$$

- Inversor al cuadro de conexiones:

$$S = \frac{\sqrt{3} * 2 * 50 * (1,25 * 29) * 1}{56 * (0,005 * 400)} = 56,06 \text{ mm}^2$$

A partir de estos cálculos y haciendo uso de la siguiente tabla extraída de la IT-BT-19, se determinará la sección normalizada y el tipo de material que tendrán los distintos conductores para valores de intensidades admisibles a una temperatura máxima de 40 °C.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴ . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D ⁵					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵								3x PVC ¹		3x XLPE o EPR
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	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	

Figura 16. Secciones normalizadas y tipo de material del conductor [1]

Atendiendo a las condiciones de la instalación, se ha determinado que el material en todos los casos será de XLPE, al considerarse un material termoestable con unas características superiores que el PVC para soportar los cambios de temperatura.

Se utilizarán conductores de tipo B: ‘Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra’, tanto para la parte de CC como de CA.

En la siguiente tabla se recogen de manera ordenada las características de cada tramo de cableado, con su respectiva sección normalizada, que se ha seleccionado el valor más próximo superior a la sección hallada teóricamente.

Tramo	Entrada Inversor	Longitud (m)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Sección Normalizada (mm ²)
Fila 1 al inversor	A	38	186,85	25,29	22,96	25
Fila 2 al inversor	A	63	186,85	25,29	38,07	50
Fila 3 al inversor	A	70	186,85	25,29	42,30	50
Fila 4 al inversor	B	65	448,44	16,86	10,91	16
Fila 5 al inversor	B	72	448,44	16,86	12,08	16
Inversor al punto de conexión		50	400	29	56,06	70

Tabla 7. Resumen de las características del cableado

8.2 Canalizaciones

Para determinar las canalizaciones por las que pasará el cableado de la instalación, se ha hecho uso del ITC-BT-21, donde se especifican las características y las dimensiones de las canalizaciones.

Respecto a la canalización del cableado, tanto de los módulos al inversor, como del inversor al cuadro de conexiones, serán fijas en superficie de tubos de PVC, serie B. Según el ITC-BT-21, las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos, pudiendo ser en determinados casos curvables y deberán tener las siguientes características:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Figura 17. Características de canalizaciones fijas en superficie [1]

A través de la tabla mostrada a continuación, se ha determinado el diámetro necesario de los tubos a partir de las secciones calculadas para los cables, expuestas en la tabla 7.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	—
150	50	63	75	—	—
185	50	75	—	—	—
240	63	75	—	—	—

Figura 18. Diámetro exterior de canalización en tubos empotrados [1]

A partir de la siguiente distribución, se ha seleccionado el diámetro necesario de los tubos:

- Tramo de fila 1 al inversor, compuesto por un conductor de 25 mm². Resulta un tubo de diámetro de 25 mm.

- Tramo de fila 2, 3, 4 y 5 al inversor, compuesto por 4 conductores, dos de ellos de 16 mm², y los otros dos de 50 mm². Tomando el mayor valor de ellos para dimensionar, resulta un tubo de diámetro de 50 mm.

A pesar de que hay tramos de la canalización en la que no coincidan los cuatro cables para la que se ha dimensionado, se ha decidido emplear en estos casos un tubo de la mayor sección calculada ya que supondrá un ahorro al comprar una longitud mayor de un tubo que varios tramos de tubo de longitud y sección menor.

- Tramo del inversor al punto de conexión, compuesto por un conductor de 70 mm². Resulta un tubo de diámetro de 32 mm.

9 Protecciones

9.1 Protecciones contra sobreintensidades

En este apartado se determinarán las protecciones necesarias para proteger la instalación frente sobreintensidades producidas por descargas eléctricas, sobrecargas o cortocircuitos, ya sea mediante fusibles calibrados o interruptores automáticos o magnetotérmicos.

Se debe tener en cuenta que la corriente asignada al dispositivo de protección ha de ser mayor que la corriente calculada para la previsión de cargas y menor que la corriente máxima admisible del conductor. Por lo tanto:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Además, se deberá cumplir la condición de que:

$$I_2 \leq 1,45 * I_z$$

Donde:

- I_b : corriente determinada en función de la previsión de cargas (A)
- I_n : corriente asignada al dispositivo de protección (A)
- I_z : corriente máxima admisible por el conductor (A)
- I_2 : corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un largo tiempo (A). Su valor será $I_2 = 1,45 * I_n$ para interruptores automáticos (IA) según

UNE EN 60898 o UNE EN 61009. Para el caso de los fusibles de tipo general (gG) se tomarán los siguientes valores:

$$I_2 = 1,60 * I_n \quad \text{si} \quad I_n \geq 16 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,90 * I_n \quad \text{si} \quad 4 \text{ A} \leq I_n \leq 16 \text{ A}$$

$$I_2 = 2,10 * I_n \quad \text{si} \quad I_n \leq 4 \text{ A}$$

Para el caso de la parte de CC de la instalación, se ha decidido utilizar fusibles calibrados para evitar las sobreintensidades en cada una de las filas de los módulos. Los fusibles podrán ser de categoría “g” para uso general o categoría “a” para acompañamiento. Se ha decidido utilizar de tipo general (gG).

Los valores normalizados para los fusibles son los siguientes:

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Tabla 8. Intensidades nominales normalizadas de los fusibles

Teniendo en cuenta las condiciones expuestas, los datos calculados y la figura 16, de la que se obtendrá el valor de I_z considerando que para los tramos de CC la conexión será monofásica, y para CA será trifásica, se exponen las características de los fusibles.

- Tramo de fila 1 al inversor

$$I_b = 25,29 \text{ A.}$$

$$I_z = 116 \text{ A.}$$

El valor de I_n deberá ser $25,29 \text{ A} \leq I_n \leq 116 \text{ A}$.

Se toma $I_n = 35 \text{ A}$ y se comprueba que $I_2 \leq 1,45 * I_z = 1,45 * 116 = 168,2 \text{ A}$.

$I_2 = 1,60 * I_n = 1,60 * 35 = 56 \text{ A}$. Se verifica que $I_2 = 56 \text{ A} < 168,2 \text{ A}$.

Se empleará un fusible con $I_n = 35 \text{ A}$ ya que se $I_b = 25,29 \text{ A} < I_n = 35 \text{ A} < I_z = 116 \text{ A}$, cumpliéndose así las condiciones necesarias.

- Tramo de la fila 2 y 3 al inversor (poseen mismos valores de I_b y sección del cableado)

$$I_b = 25,29 \text{ A.}$$

$$I_z = 175 \text{ A.}$$

El valor de I_n deberá ser $25,29 \text{ A} \leq I_n \leq 175 \text{ A}$.

Se toma $I_n = 35 \text{ A}$ y se comprueba que $I_2 \leq 1,45 * I_z = 1,45 * 175 = 253,75 \text{ A}$.

$I_2 = 1,60 * I_n = 1,60 * 35 = 56 \text{ A}$. Se verifica que $I_2 = 56 \text{ A} < 253,75 \text{ A}$.

Se empleará un fusible con $I_n = 35 \text{ A}$ ya que $I_b = 25,29 \text{ A} < I_n = 35 \text{ A} < I_z = 175 \text{ A}$, cumpliéndose así las condiciones necesarias.

- Tramo de la fila 4 y 5 al inversor (poseen mismos valores de I_b y sección del cableado)

$$I_b = 16,86 \text{ A.}$$

$$I_z = 91 \text{ A.}$$

El valor de I_n deberá ser $16,86 \text{ A} \leq I_n \leq 91 \text{ A}$.

Se toma $I_n = 20 \text{ A}$ y se comprueba que $I_2 \leq 1,45 * I_z = 1,45 * 91 = 131,95 \text{ A}$.

$I_2 = 1,60 * I_n = 1,60 * 20 = 32 \text{ A}$. Se verifica que $I_2 = 32 \text{ A} < 131,95 \text{ A}$.

Se empleará un fusible con $I_n = 20 \text{ A}$ ya que $I_b = 16,86 \text{ A} < I_n = 20 \text{ A} < I_z = 91 \text{ A}$, cumpliéndose así las condiciones necesarias.

Para el tramo de CA, entre el inversor y el cuadro de conexiones que utilizará un interruptor magnetotérmico.

- Tramo del inversor al punto de conexión

$$I_b = 29 \text{ A.}$$

$$I_z = 202 \text{ A}$$

El valor de I_n deberá ser $29 \text{ A} \leq I_n \leq 202 \text{ A}$.

Se toma $I_n = 35 \text{ A}$ y se comprueba que $I_2 \leq 1,45 * I_z = 1,45 * 202 = 292,9 \text{ A}$.

$I_2 = 1,45 * I_n = 1,45 * 35 = 50,75 \text{ A}$. Se verifica que $I_2 = 50,75 \text{ A} < 292,9 \text{ A}$.

Se empleará un interruptor magnetotérmico de $I_n = 35 \text{ A}$ ya que $I_b = 29 \text{ A} < I_n = 35 \text{ A} < I_z = 292,9 \text{ A}$, cumpliéndose así las condiciones necesarias.

Además, hay que tener en cuenta que el poder de corte nominal del interruptor magnetotérmico (I_{cn}) deberá ser mayor que la corriente de cortocircuito del sistema (I_{cc}). Según la ITC-BT-17, el interruptor general automático deberá poseer un mínimo de 4,5 kA como poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito de la instalación.

$$I_{cn} > I_{cc}$$

Donde:

$$I_{cc} = 0,8 * \frac{V}{R}$$

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

- V: tensión de línea. $V = 230 \text{ V}$.
- R: resistencia del cableado (Ω).
- ρ : resistividad del cobre, cuyo valor es la inversa de la conductividad. $\rho = 1/\sigma = 1/56 = 0,018 \Omega * \text{mm}^2/\text{m}$.
- L: longitud de la línea. $L = 50 \text{ m}$.
- S: sección del cableado. $S = 70 \text{ mm}^2$.

Por lo tanto, se obtiene que:

$$R = \frac{0,018 * 50}{70} = 0,013 \Omega$$

$$I_{cc} = 0,8 * \frac{230}{0,013} = 14,15 \text{ kA}$$

Por lo tanto, se ha seleccionado un valor para el poder de corte del magnetotérmico de $I_{cn} = 16 \text{ kA} > I_{cc} = 14,15 \text{ kA}$.

Finalmente se muestra la siguiente tabla resumen con las protecciones seleccionadas y sus características.

Tramo	Tipo de protección	I_n (A)	I_b (A)	I_z (A)	I_2 (A)	I_{cn} (kA)
Fila 1 al inversor	Fusible tipo gG	35	25,29	116	56	
Fila 2 al inversor	Fusible tipo gG	35	25,29	175	56	
Fila 3 al inversor	Fusible tipo gG	35	25,29	175	56	
Fila 4 al inversor	Fusible tipo gG	20	16,86	91	32	
Fila 5 al inversor	Fusible tipo gG	20	16,86	91	32	
Inversor al punto de conexión	Interruptor magnetotérmico	35	29	202	50,75	16

Tabla 9. Protecciones del cableado

9.2 Protecciones contra sobretensiones

Estas protecciones están destinadas a las instalaciones eléctricas que puedan sufrir una sobretensión producida por las redes de distribución originadas por condiciones atmosféricas, conmutaciones o defectos de las redes.

La sobretensión producida será mayor dependiendo de la distancia al transformador u otro elemento eléctrico de la red, el tipo de acometida, etc.

Para el caso de esta instalación, el elemento expuesto a la red eléctrica es el inversor, que posee protecciones contra sobretensiones con descargadores integrados especificados en la ficha de características técnicas.

9.3 Protecciones contra contactos directos

Estas protecciones están diseñadas para proteger frente a posibles contactos con los materiales eléctricos de la instalación. Los distintos métodos de protección vienen expuestos en la Norma UNE 20.460-4-41, y se comentan a continuación.

9.3.1 Protección por aislamiento de las partes activas

Consiste en recubrir las partes activas con un aislamiento que solo pueda eliminarse destruyéndolo. Podría ser mediante pinturas, barnices o similar que posea unas características que aislen el material lo suficiente ante un posible contacto.

9.3.2 Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de envolventes o detrás de una barrera de protección. Además, se deberá advertir de las precauciones necesarias para impedir

cualquier contacto. No debe ser posible retirar las barreras o abrir las envolventes más que: con la ayuda de una herramienta, una vez retirada la tensión y sin la posibilidad de restablecerla hasta recolocar las barreras.

9.3.3 Protección por medio de obstáculos

La utilización de este tipo de protector no asegura una protección completa de las partes activas, pues no están destinados para proteger frente a contactos indirectos, y deberán evitar el acercamiento físico a las partes activas. Se utilizan para aislar las zonas donde solo pueden acceder personal autorizado.

9.3.4 Protección por fuera de alcance por alejamiento

Al igual que la protección anterior, no se garantiza una protección completa y se utilizan para aislar las zonas donde solo pueden acceder el personal autorizado. Están destinados exclusivamente a los contactos accidentales con las partes activas. Por otro lado, las partes accesibles que estén a distintas tensiones no deberán localizarse dentro del espacio en los que puedan circular personas.

9.3.5 Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual

El empleo de este tipo de protección está ideado como un complemento de otras medidas de protección contra contactos directos, sobre todo para el caso de que la protección primaria falle, en especial las nombradas en los apartados 9.3.1 y 9.3.4. Los dispositivos de esta categoría deben poseer una corriente diferencial inferior o igual a 30 mA.

9.4 Protecciones contra contactos indirectos

Este tipo de protecciones están destinadas para el posible contacto con las partes de la instalación que se han puesto en tensión como resultado de un fallo de aislamiento. A continuación, se describen brevemente los distintos tipos de protecciones.

9.4.1 Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación se producirá tras un posible fallo y su finalidad es impedir que se produzca una tensión de contacto durante el tiempo que exista riesgo. La tensión límite convencional es de 50 V en condiciones nominales (valor eficaz para CA), pudiendo variar para otro tipo de instalaciones contempladas en el ITC-BT-09.

9.4.2 Protección por empleo de equipos de clase II o aislamiento equivalente

Los equipos de clase II son aquellos que poseen doble aislamiento que ha sido diseñado que no requiera una toma a tierra. El aislamiento interno del equipo receptor garantiza, en caso de fallo, que las partes accesibles no entrarán en tensión.

9.4.3 Protección en los locales o emplazamientos no conductores

Esta medida está destinada, en caso de fallo en el aislamiento del receptor, a impedir el contacto simultáneo con partes que puedan estar a distintas tensiones. Los locales deben tener un suelo aislante, con una resistencia mayor a $50 \text{ k}\Omega$, y las masas estar separadas más de 2 metros.

9.4.4 Protección con conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

9.4.5 Protección por separación eléctrica

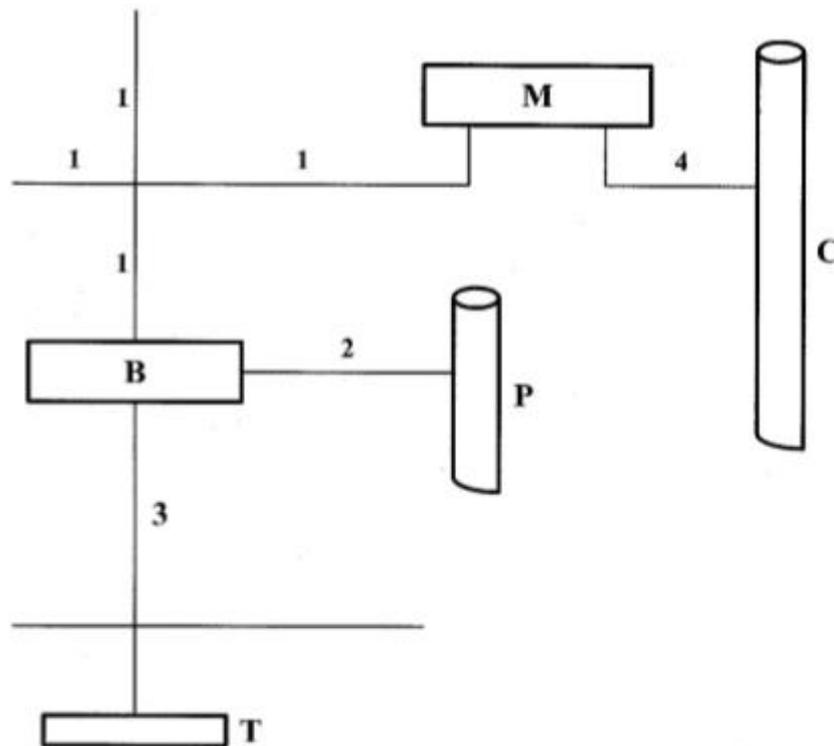
Se instalará un transformador de separador de circuitos. El circuito de utilización no tendrá punto en común con tierras o masas de otros circuitos. Con la aparición del primer defecto no aparece tensión peligrosa, actuando con el segundo defecto las protecciones contra sobreintensidades.

Además, se hará uso de un interruptor diferencial que garantice la protección frente a los posibles contactos indirectos de todos los circuitos. Deberá poseer una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA y una intensidad asignada de 40 A, pues debe ser superior al interruptor general seleccionado, que en el caso de esta instalación se ha calculado que será de 35 A.

10 Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objeto de limitar las tensiones, que, con respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado los elementos metálicos de la instalación; asegurar la actuación de las protecciones; eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los receptores eléctricos.

Una puesta a tierra está compuesta de los elementos mostrados en la siguiente imagen.



Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra, o punto de puesta a tierra
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

Figura 19. Esquema de puesta a tierra [1]

La toma a tierra (T) está compuesta por electrodos como barras, pletinas o placas, y anillos en cobre, instalados en el terreno a una profundidad no inferior a 0,5 metros.

Conductores de tierra (C), serán conductores de cobre con $s \geq 16 \text{ mm}^2$ o hierro con $s \geq 50 \text{ mm}^2$.

Bornes de puesta a tierra (B), incluirá un dispositivo de desconexión para medir la resistencia de la toma.

La Puesta A Tierra (PAT) se dimensionará de forma que su resistencia en cualquier circunstancia previsible no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V en local húmedo y 50 V en el resto de locales.

La resistencia de una PAT depende de las dimensiones del electrodo, que en este caso se emplearán unas picas con una longitud de 2,5 metros (L) y con una sección mínima de 14,2 mm; y la resistividad del terreno en el que se establece, que según los valores medio aproximados de expuestos en la ITC-BT-18, será de 500 Ωm (ρ) para terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes. Para determinar la resistencia de tierra a partir de las características del terreno y el electrodo, se empleará la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{500}{2,5} = 200 \Omega$$

Este valor es demasiado elevado ya que la resistencia de una PAT debe ser menor de 37 Ω , por lo que se reducirá colocando varias picas en paralelo, manteniendo una distancia mínima igual al doble de su longitud. Por lo tanto, se utilizarán 6 picas en paralelo ya que se obtendría una resistencia equivalente de tierra de 33,33 Ω , cumpliendo así el valor mínimo permitido.

Por lo tanto, la PAT estará constituida por las 6 picas de 2,5 metros en paralelo, conectadas por un anillo conductor que tendrá una longitud mínima de 30 metros, ya que es la suma de la distancia mínima que debe haber entre picas, que como se ha comentado es igual al doble de su longitud, es decir, 5 metros. Además, tendrá una sección mínima de 25 mm² según viene expresado en la ITC-BT-18.

11 Cálculo de pérdidas

A pesar de realizar la instalación y los cálculos necesarios, siempre existen una serie de pérdidas que hay que tener en cuenta a la hora de dimensionar la instalación.

Para determinar la potencia incluyendo las pérdidas, será necesario determinar:

- Pérdidas en los cableados
- Pérdidas por temperatura
- Pérdidas por presencia de polvo
- Pérdidas por dispersión de parámetros entre módulos
- Pérdidas por orientación e inclinación
- Pérdidas por sombreado

Muchos de los datos necesarios para calcular las pérdidas se podrían medir de manera directa, pero como para este proyecto no será posible, se tomarán algunos de los valores reflejados en el PCT de la IDAE.

Pérdidas	Valor estimado media anual	Valor estimado día despejado (*)
Cableado	0,02	0,02
Temperatura	0,08	-
Presencia de polvo	0,03	-
Dispersión de parámetros entre módulos	0,02	0,02

Tabla 10. Pérdidas

(*) Al mediodía solar $\pm 2h$ de un día despejado.

11.1 Pérdidas en los cableados

Según el PCT, cuanto mayor sea la potencia de la planta, menor serán las pérdidas por cableado en %, con un valor máximo admisible de 1,5% en las partes de CC. Las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos no son necesario contemplarlas debido a su pequeño valor.

Cuando se ha calculado la sección del cableado, se ha supuesto unas pérdidas del 1% para la parte de CC y un 0,5% para la de CA. Por lo tanto, se ha determinado en primer lugar la sección mínima que deberían tener para a continuación seleccionar una sección normalizada superior al valor determinado, garantizando así que las pérdidas del cableado serán menores.

A continuación, se determinarán las pérdidas para la sección normalizada seleccionada aplicando la siguiente expresión:

$$P_{cab} = \frac{\Delta V * I}{V * I} = \frac{\Delta V}{V}$$

Donde ΔV se determina al despejar el parámetro de la expresión de la cual se ha determinado la sección:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I}{\sigma * S}, \text{ para CC}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 2 * L * I * \cos(\varphi)}{\sigma * S}, \text{ para CA}$$

Aplicando las expresiones para cada tramo correspondiente, se obtienen las siguientes pérdidas de cableado:

Tramo	Longitud (m)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	P _{cab} (%)
Fila 1 al inversor	38	186,85	25,29	25	0,73
Fila 2 al inversor	63	186,85	25,29	50	0,61
Fila 3 al inversor	70	186,85	25,29	50	0,68
Fila 4 al inversor	65	448,44	16,86	16	0,55
Fila 5 al inversor	72	448,44	16,86	16	0,60
Inversor al cuadro de conexiones	1	400	29	6	0,07

Tabla 11. Pérdidas por cableado

Finalmente se obtiene que las pérdidas en el cableado tendrán un valor máximo de 0,73%, por lo que se tomará este valor para los futuros cálculos.

11.2 Pérdidas por temperatura

Estas pérdidas se determinan en función de la diferencia de temperatura de los módulos y la temperatura media en condiciones estándar (CMT) que es de 25°C. Por lo tanto, a partir de la temperatura media mensual medida en la localidad en la que se sitúa el hotel, se podrán determinar las pérdidas producidas por la diferencia de temperatura. Además, será necesario hallar la temperatura de las células solares mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

- T_c: Temperatura de las células solares del módulo fotovoltaico (°C)
- T_{amb}: Temperatura ambiente (°C)
- TONC: Temperatura de Operación Nominal de la Célula, en este caso será de 47 °C
- E: Irradiancia solar (W/m²)

Una vez determinada la temperatura de las células del módulo para los distintos valores de temperatura, se podrá determinar las pérdidas totales de la siguiente manera:

$$P_{temp}(\%) = g * (T_c - 25)$$

Donde:

- P_{temp} : Pérdidas por temperatura
- g : Coeficiente de temperatura dado por el fabricante, en este caso 0,43% /°C

Aplicando las fórmulas anteriores y mediante los datos de irradiancia obtenidos a través de la página web PVWatts, se obtienen las siguientes pérdidas:

Mes	T_{amb} (°C)	Irradiancia (W/m ²)	T_c (°C)	P_{temp} (%)
Enero	11,7	548,7	30,2	2,2
Febrero	12,4	607,2	32,9	3,4
Marzo	14,2	558,9	33,1	3,5
Abril	14,2	535,6	32,3	3,1
Mayo	16,5	560,7	35,4	4,5
Junio	19,1	546,1	37,5	5,4
Julio	21,6	598,1	41,8	7,2
Agosto	22,4	612,8	43,1	7,8
Septiembre	20,3	590,6	40,2	6,6
Octubre	18,3	606,5	38,8	5,9
Noviembre	15,3	570,6	34,6	4,1
Diciembre	12,9	543,2	31,2	2,7

Tabla 12. Pérdidas por temperatura

11.3 Pérdidas por presencia de polvo

Estas pérdidas pueden darse debido a la suciedad presente en los módulos debido a la zona que rodea la instalación o por las condiciones meteorológicas, entre otras razones. Podrían alcanzar hasta el 8%, pero después de un día de lluvia podrían reducirse al 0%. En este caso se tomará el valor medio anual reflejado en la Tabla 10. $P_{pol} = 3\%$.

11.4 Pérdidas por dispersión de parámetros entre módulos

Este tipo de pérdidas se dan debido a que los parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico presentan dispersión, es decir, la producción energética será menor de la ideal. Es por ello por lo que se han tenido en cuenta a la hora de realizar los cálculos, tomando el valor reflejado en la Tabla 10. $P_{disp} = 2\%$.

11.5 Pérdidas por orientación e inclinación

Una vez determinados el azimut ($\alpha = 0^\circ$) y la inclinación de los módulos fotovoltaicos ($\beta = 23^\circ$), se calcularán los límites de inclinación aceptables entre la latitud del lugar donde se encontrará el hotel y la de 41° . Para una latitud $\phi = 28^\circ$, será de la siguiente manera:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación } (\phi = 28^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación } (\phi = 28^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}) \geq 0^\circ$$

Considerando que la instalación será de tipo general, se observa en la siguiente tabla que las pérdidas máximas por orientación e inclinación serán del 10%.

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

Tabla 13. Pérdidas máximas [2]

Por lo tanto, para determinar los límites de inclinación, se hará uso del siguiente diagrama para la latitud correspondiente. Teniendo en cuenta los límites de intersección acordes a las pérdidas del 10%, se determinarán en la región de 90% - 95%.

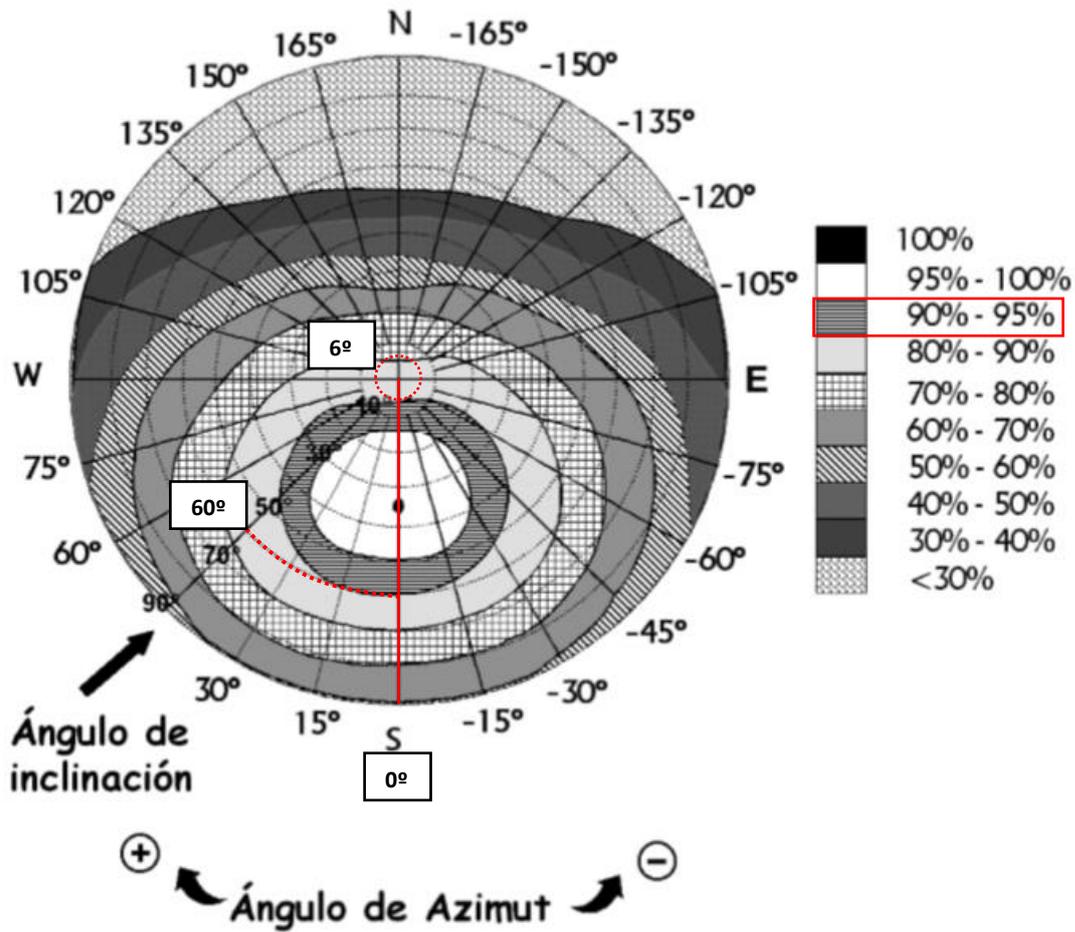


Figura 20. Diagrama con límites de inclinación [2]

Se obtiene que:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 6^\circ$$

Así, se determinarán estos límites para la latitud determinada:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = 47^\circ$$

Inclinación mínima = $6^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = -7^\circ$, como este valor está fuera del límite aceptable, se tomará una inclinación mínima de 0° .

Por lo tanto, se comprueba que la inclinación calculada anteriormente ($\beta = 23^\circ$) se encuentra dentro de los límites de inclinación, cumpliendo así los requisitos de orientación e inclinación.

11.6 Pérdidas por sombreado

Este tipo de pérdidas podrían tener un efecto bastante negativo en la producción de energía de la instalación, pues si hubiera una gran cantidad de elementos en los alrededores del hotel que pudieran proyectar sombras sobre los módulos, no se aprovecharía al máximo las horas de incidencia del sol, aumentando así el posible consumo de la red eléctrica.

Para determinar estas pérdidas, según el PCT del IDAE, se deberá hacer uso del siguiente diagrama de la trayectoria del sol, el cual está dividido en porciones y delimitado por las horas solares, con su signo correspondiente, siendo las 0h el mediodía solar, las negativas las que se encuentran al oeste, y positivas al este. Sobre este, se tendrá que reflejar el perfil de sombras generadas para así poder realizar los cálculos correspondientes a partir de unas tablas de referencias incluidas en el PCT.

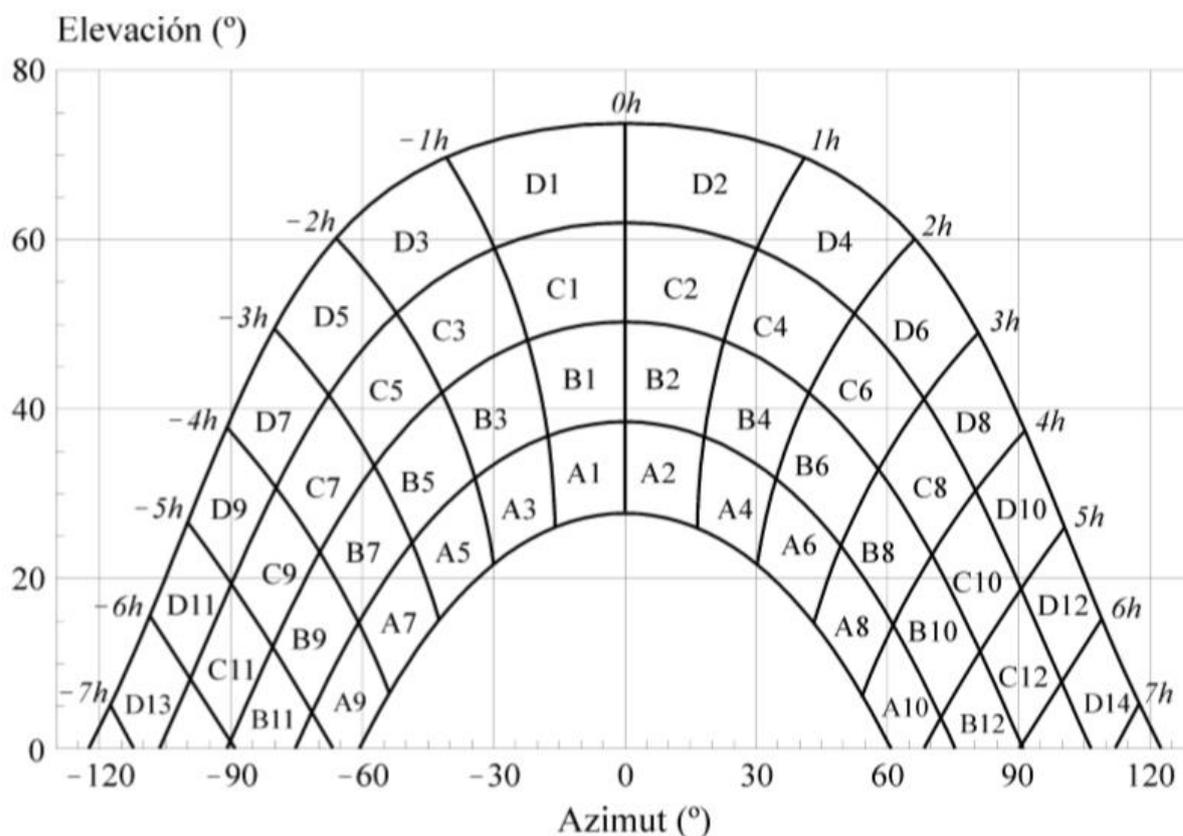


Figura 21. Diagrama de trayectoria del sol [2]

El nuestro caso, se ha acudido a la localización y no se han observado un perfil de sombras significativas que pudieran obstaculizar la incidencia del sol sobre los módulos. Por lo tanto, se han considerado nulas las pérdidas por sombreado.

12 Cálculo de potencia total estimada

En este apartado se calculará la producción anual esperada por la instalación fotovoltaica. Para ellos se aplicará la siguiente expresión reflejada en el PTC.

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

Donde:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador (kWh/(m²*día)).
- PR: Performance Ratio o rendimiento energético de la instalación, el cual tiene en cuenta la dependencia de la eficiencia con la temperatura, en el cableado o las pérdidas entre otros.
- P_{mp} : Potencia pico del generador, que en este caso será de 12,29 kWp.
- G_{CEM} : Valor de la irradiación solar en Condiciones Estándares de Medida (CEM), cuyo valor es 1 kW/m².

Para determinar el $G_{dm}(\alpha, \beta)$, se han recogido los datos de la radiación mensual sobre superficie inclinada proporcionados por GRAFCAN.

Mes	$G_{dm}(\alpha, \beta)$ (kWh/(m ² *día))
Enero	4,03
Febrero	4,64
Marzo	5,95
Abril	5,04
Mayo	5,47
Junio	5,66
Julio	5,85
Agosto	5,55
Septiembre	5,76
Octubre	4,72
Noviembre	3,88
Diciembre	3,60

Tabla 14. Radiación mensual en superficie inclinada

En cuanto el PR, se determinará de la siguiente manera:

$$PR = [1 - (P_{cabl} + P_{temp} + P_{polvo} + P_{disp} + P_{orient} + P_{incl} + P_{sombra})] * \eta_{inversor}$$

Todas las pérdidas han sido calculadas anteriormente, y el rendimiento del inversor se ha obtenido de las características técnicas.

P_{temp} (%)	P_{cableado} (%)	P_{polvo} (%)	P_{disp} (%)	P_{orientación} (%)	P_{inclinación} (%)	P_{sombra} (%)
Enero	2,2	0,73	3	2	0	0
Febrero	3,4					
Marzo	3,5					
Abril	3,1					
Mayo	4,5					
Junio	5,4					
Julio	7,2					
Agosto	7,8					
Septiembre	6,6					
Octubre	5,9					
Noviembre	4,1					
Diciembre	2,7					

Tabla 15. Pérdidas de la instalación

Según se observa en la ficha técnica del inversor, su rendimiento es de 98%.

Por lo tanto, aplicando la expresión para determinar el PR, se obtienen los siguientes valores:

Mes	PR	E_p (kWh/día)	E (kWh)
Enero	0,90	44,69	1385,36
Febrero	0,89	50,78	1421,92
Marzo	0,89	65,05	2016,50
Abril	0,89	55,34	1660,28
Mayo	0,88	59,14	1833,40
Junio	0,87	60,58	1817,48
Julio	0,85	61,35	1901,80
Agosto	0,85	57,80	1734,03
Septiembre	0,86	60,82	1885,44
Octubre	0,87	50,24	1507,11
Noviembre	0,88	42,14	1306,27
Diciembre	0,90	39,70	1191,12
TOTAL		647,64	20076,74

Tabla 16. Energía total estimada

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



ANEXO II: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Justificación.....	1
1.1	Objeto.....	1
1.2	Contenido del EBSS	2
2	Datos generales	2
2.1	Características generales del Proyecto de Ejecución	2
2.2	Emplazamiento y condiciones del entorno	3
2.3	Características generales de la obra	3
3	Medios de auxilio	3
3.1	Medios de auxilio en obra.....	4
3.2	Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos.....	4
4	Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores	5
4.1	Aseos.....	5
4.2	Comedor.....	5
5	Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar	5
5.1	Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra.....	8
5.1.1	Instalación eléctrica provisional	8
5.1.2	Vallado de obra.....	9
5.2	Durante las fases de ejecución de la obra	10
5.2.1	Cubiertas.....	10
5.2.2	Instalaciones en general.....	11
5.3	Durante la utilización de medios auxiliares.....	12
5.3.1	Escalera de mano	12
5.3.2	Andamio de borriquetas.....	13
5.3.3	Andamio multidireccional	13
5.4	Durante la utilización de maquinaria y herramientas	13
5.4.1	Camión para transporte.....	14
5.4.2	Equipo de soldadura	14
5.4.3	Herramientas manuales diversas	15
6	Identificación de los riesgos laborales evitables	16
6.1	Caídas al mismo nivel.....	16
6.2	Caídas a distinto nivel.....	16
6.3	Polvo y partículas.....	16
6.4	Ruido.....	16

6.5	Esfuerzos	16
6.6	Incendios	17
6.7	Intoxicación por emanaciones	17
7	Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse	17
7.1	Caída de objetos	17
7.2	Dermatosis	18
7.3	Electrocuciones	18
7.4	Quemaduras	18
7.5	Golpes y cortes en extremidades	18
8	Condiciones de seguridad y salud, en trabajos de reparación y mantenimiento	19
8.1	Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas	19
8.2	Trabajos en instalaciones	19
8.3	Trabajos con pinturas y barnices	19
9	Medidas en caso de emergencia	20
10	Presencia de los recursos preventivos del contratista	20
1	Y. Seguridad y salud	21
1.1	YC. Sistemas de protección colectiva	28
1.1.1	YCU. Protección contra incendios	28
1.1.2	YI. Equipos de protección individual	30
1.2	YM. Medicina preventiva y primeros auxilios	32
1.2.1	YMM. Material médico	32
1.3	YP. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar	32
1.4	YS. Señalización provisional de obras	35
1.4.1	YSB. Balizamiento	35
1.4.2	YSH. Señalización horizontal	36
1.4.3	YSV. Señalización vertical	36
1.4.4	YSN. Señalización manual	36
1.4.5	YSS. Señalización de seguridad y salud	36

1 Justificación

La obra proyectada requiere la redacción de un Estudio Básico de Seguridad y Salud, ya que se cumplen las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- b) No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- d) No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

1.1 Objeto

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución del proyecto, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.

- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.

1.2 Contenido del EBSS

El Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

2 Datos generales

2.1 Características generales del Proyecto de Ejecución

De la información disponible en la fase de proyecto básico y de ejecución, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del plan de seguridad y salud.

- Denominación del proyecto: Diseño de la instalación fotovoltaica de un hotel rural.
- Plantas sobre rasante: 1.
- Plantas bajo rasante: 0.
- Presupuesto de ejecución material: 2.000,00€.
- Plazo de ejecución: 1 mes.
- Núm. máx. operarios: 3.

2.2 Emplazamiento y condiciones del entorno

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

- Dirección: Carretera de La Esperanza (TF-24), La Esperanza, Santa Cruz de Tenerife, El Rosario (Santa Cruz de Tenerife).
- Topografía del terreno: Llano. Sin desniveles considerables.
- Edificaciones colindantes: Ninguna.
- Condiciones climáticas y ambientales: El clima de La Esperanza se clasifica como cálido y templado. Los meses de invierno son mucho más lluviosos que los meses de verano. La temperatura media anual en La Esperanza se encuentra a 14.8 °C. La precipitación media aproximada es de 556 mm.

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación.

Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

2.3 Características generales de la obra

La obra para la que se redacta este EBSS es la instalación fotovoltaica de un hotel rural. Estará compuesta por 39 módulos fotovoltaicos y los respectivos componentes eléctricos, necesarios para la generación de la energía. Estos estarán instalados en la cubierta del edificio.

3 Medios de auxilio

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

3.1 Medios de auxilio en obra

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado.

Su contenido mínimo será:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados.
- Gasas estériles.
- Algodón hidrófilo.
- Vendas.
- Esparadrapo.
- Apósitos adhesivos.
- Tijeras.
- Pinzas y guantes desechables.

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

3.2 Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

Nivel asistencial	Nombre, emplazamiento y teléfono	Distancia aprox. (km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Hospital Universitario de Canarias Carretera Cuesta Taco, 0 922678000	12,00 km

La distancia al centro asistencial más próximo, ubicado en Carretera Cuesta Taco, 0, se estima en 15 minutos, en condiciones normales de tráfico.

4 Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en la legislación vigente en la materia.

Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para los vestuarios y aseos, pudiéndose habilitar posteriormente zonas en la propia obra para albergar dichos servicios, cuando las condiciones y las fases de ejecución lo permitan.

4.1 Aseos

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra.
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción.
- 1 lavabo por cada retrete.
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción.
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo.
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo.
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria.
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro.

4.2 Comedor

La zona destinada a comedor tendrá una altura mínima de 2,5 m, dispondrá de fregaderos de agua potable para la limpieza de los utensilios y la vajilla, estará equipada con mesas y asientos, y tendrá una provisión suficiente de vasos, platos y cubiertos, preferentemente desechables.

5 Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar

A continuación, se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a

adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones y ruido.
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas.
- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto.
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases.

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general.

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra.
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra.
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida.

- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación.
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída.
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios.
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje.
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos.
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas.
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura.
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas.
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h.

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar:

- Casco de seguridad homologado.
- Casco de seguridad con barboquejo.
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

- Cinturón portaherramientas.
- Guantes de goma.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes.
- Calzado con puntera reforzada.
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos.
- Botas de caña alta de goma.
- Ropa de trabajo impermeable.
- Faja antilumbago.
- Gafas de seguridad antiimpactos.

5.1 Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

5.1.1 Instalación eléctrica provisional

Riesgos más frecuentes

- Electrocuiones por contacto directo o indirecto.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Proyección de partículas en los ojos.
- Incendios.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales).
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas.

- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua.
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera.
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas.
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario.
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m.
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas.
- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta.

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado aislante para electricistas.
- Guantes dieléctricos.
- Banquetas aislantes de la electricidad.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Ropa de trabajo impermeable.
- Ropa de trabajo reflectante.

5.1.2 Vallado de obra

Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes.

- Proyección de fragmentos o de partículas.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones y ruido.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra.
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado.
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación.

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con puntera reforzada.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo reflectante.

5.2 Durante las fases de ejecución de la obra

5.2.1 Cubiertas

Riesgos más frecuentes

- Caída por los bordes de cubierta o deslizamiento por los faldones.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes.
- El acceso a la cubierta se realizará mediante escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1,0 m la altura de desembarque.
- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o los cinturones de seguridad.

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con suela antideslizante.
- Ropa de trabajo impermeable.
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

5.2.2 Instalaciones en general

Riesgos más frecuentes

- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto.
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas.
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura.
- Incendios y explosiones.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor.
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios.
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes aislantes en pruebas de tensión.
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos.
- Banquetas aislantes de la electricidad.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

5.3 Durante la utilización de medios auxiliares.

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a la legislación vigente en la materia.

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

5.3.1 Escalera de mano

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical.
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.

- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

5.3.2 Andamio de borriquetas

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas.
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos.
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas.
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro.

5.3.3 Andamio multidireccional

- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección y supervisión de una persona cualificada.
- Cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, según la normativa vigente en materia de andamios.
- Se montarán y desmontarán siguiendo siempre las instrucciones del fabricante.
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad.

5.4 Durante la utilización de maquinaria y herramientas

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados

claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.

- b) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

5.4.1 Camión para transporte

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico.
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona.
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas.
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina.

5.4.2 Equipo de soldadura

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura.
- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte.
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible.
- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada.
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo.

- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto.

5.4.3 Herramientas manuales diversas

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento.
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas.
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante.
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares.
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra.
- En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección.
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos.
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos.
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados.
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido que establece la legislación vigente en materia de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

6 Identificación de los riesgos laborales evitables

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

6.1 Caídas al mismo nivel

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.
- Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales.

6.2 Caídas a distinto nivel

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas.
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles.
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas.

6.3 Polvo y partículas

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo.
- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas.

6.4 Ruido

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo.
- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico.
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos.

6.5 Esfuerzos

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas.
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual.
- Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos.

- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas.

6.6 Incendios

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio.

6.7 Intoxicación por emanaciones

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente.
- Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados.

7 Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

7.1 Caída de objetos

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se montarán marquesinas en los accesos.
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios.
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios.

Equipos de protección individual (EPI):

- Casco de seguridad homologado.
- Guantes y botas de seguridad.
- Uso de bolsa portaherramientas.

7.2 Dermatitis

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se evitará la generación de polvo de cemento.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes y ropa de trabajo adecuada.

7.3 Electrocuciiones

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica.
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales.
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante.
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento.
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes dieléctricos.
- Calzado aislante para electricistas.
- Banquetas aislantes de la electricidad.

7.4 Quemaduras

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes, polainas y mandiles de cuero.

7.5 Golpes y cortes en extremidades

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes y botas de seguridad.

8 Condiciones de seguridad y salud, en trabajos de reparación y mantenimiento

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

8.1 Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas

Para los trabajos en cerramientos, aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, deberán utilizarse andamios que cumplan las condiciones especificadas en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Durante los trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, para proteger a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

8.2 Trabajos en instalaciones

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y de gas, deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

Antes de la ejecución de cualquier trabajo de reparación o de mantenimiento de los ascensores y montacargas, deberá elaborarse un Plan de Seguridad suscrito por un técnico competente en la materia.

8.3 Trabajos con pinturas y barnices

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

9 Medidas en caso de emergencia

El contratista deberá reflejar en el correspondiente plan de seguridad y salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

10 Presencia de los recursos preventivos del contratista

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la legislación vigente en la materia.

A tales efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente plan de seguridad y salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

Normativa y legislación aplicables

1 Y. Seguridad y salud

Ley de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificada por:

Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social

Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.

B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 24 de febrero de 1999

Completada por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completada por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 2004

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Manipulación de cargas

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de

14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

Utilización de equipos de trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

1.1 YC. Sistemas de protección colectiva

1.1.1 YCU. Protección contra incendios

Real Decreto por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión

Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

B.O.E.: 2 de septiembre de 2015

Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 5 de febrero de 2009

Corrección de errores:

Corrección de errores del Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

B.O.E.: 28 de octubre de 2009

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

Texto consolidado

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

1.1.2 YI. Equipos de protección individual

Real Decreto por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

B.O.E.: 28 de diciembre de 1992

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 8 de marzo de 1995

Corrección de errores:

Corrección de erratas del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan

las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

B.O.E.: 22 de marzo de 1995

Completado por:

Resolución por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Resolución de 25 de abril de 1996 de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 28 de mayo de 1996

Modificado por:

Modificación del anexo del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, que modificó a su vez el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, relativo a las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Orden de 20 de febrero de 1997, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 6 de marzo de 1997

Completado por:

Resolución por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 18 de marzo de 1998, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial

Resolución de 29 de abril de 1999 del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 29 de junio de 1999

Utilización de equipos de protección individual

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

Corrección de errores:

Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de julio de 1997

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

1.2 YM. Medicina preventiva y primeros auxilios

1.2.1 YMM. Material médico

Orden por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social

Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 11 de octubre de 2007

1.3 YP. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar

DB-HS Salubridad

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de febrero de 2003

Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial.

B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

Texto consolidado

Modificado por:

Real Decreto por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo

Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

B.O.E.: 31 de diciembre de 2014

1.4 YS. Señalización provisional de obras

1.4.1 YSB. Balizamiento

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la

protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

1.4.2 YSH. Señalización horizontal

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

1.4.3 YSV. Señalización vertical

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

1.4.4 YSN. Señalización manual

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

1.4.5 YSS. Señalización de seguridad y salud

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 4 de julio de 2015

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



ANEXO III: MANTENIMIENTO

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Objeto	1
1.1	Mantenimiento preventivo	1
1.1.1	Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.....	2
1.1.2	Mantenimiento del inversor.....	3
1.1.3	Mantenimiento del soporte de los módulos.....	4
2	Mantenimiento no preventivo o correctivo	5
2.1	Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.....	5
2.2	Mantenimiento del cuadro general de distribución.....	5
2.2.1	Mantenimiento de la instalación interior	6
2.2.2	Mantenimiento de la puesta a tierra.....	6

1 Objeto

En este documento se especifican las prácticas que se deberán llevar a cabo en la instalación fotovoltaica para así poder garantizar el tanto el correcto funcionamiento de los diferentes elementos que la componen como poder obtener el mayor rendimiento posible. Esto es necesario ya que están sometidas a cambios en las condiciones ambientales como humedad, temperatura, nieve, población de aves, altos niveles de viento o agentes externos como la suciedad depositada sobre los módulos, que disminuirá el filtro de la radiación.

Se realizarán dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento no preventivo o correctivo

1.1 Mantenimiento preventivo

En este tipo de mantenimiento se realizarán operaciones destinada a la conservación de los elementos para así poder evitar o disminuir las posibles consecuencias de fallos en equipos y prevenir incidencias. Además, estas medidas se pueden llevar a cabo por un personal no especializado, por lo que en algunas ocasiones se podrán realizar las tareas correspondientes siguiendo las recomendaciones del fabricante, en este caso ATERSA, pues dispone de unos manuales específicos que garantizan la calidad de los trabajos, como la seguridad de las personas que los realizan siguiendo las pautas del certificado ISO 9001 de Calidad y OHSAS 18001 de PRL.

Por otro lado, además de realizar mantenimientos en los elementos propios de la instalación fotovoltaica, habrá que realizarlos en la instalación eléctrica en general, desde la salida del inversor al punto de conexión.

Se revisará la iluminación, enchufes y cuadros de control, así como las canalizaciones, comprobando así su correcto estado para evitar posibles defectos imprevistos que ocasionen averías. Se verificará que los cables no estén a la intemperie.

Si se realizara alguna desconexión, se deberá notificar primero al propietario.

Además, los accesos a la instalación deberán encontrarse en perfecto estado para poder moverse con facilidad a través de esta.

A continuación, se muestran los distintos mantenimientos que se llevarán a cabo en los diferentes elementos que componen la instalación fotovoltaica.

1.1.1 Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos

Esta práctica consiste en retirar todos los elementos que pudieran encontrarse sobre los módulos, ya sea algún tipo de objeto como hojas, polvo, suciedad, excremento de animales o nieve si se diera el caso. Se deberá retirar en la mayor brevedad posible ya que producirá una disminución de la corriente eléctrica generada.

Antes de la limpieza es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Leer las instrucciones proporcionadas por el fabricante.
- Tomar las medidas de seguridad necesarias.
- Comprobar que el inversor esta desconectado del circuito.
- Si se diera el caso de que no se alcanzaran todos los módulos, no se podrá caminar sobre estos ya que provocará daños.
- No verter agua sobre un módulo roto. Se deberá comprobar antes de comenzar la limpieza.
- Identificar si existe alguna zona de las inmediaciones donde haya riesgo de resbalar con el agua empleada en la limpieza.
- Se deberá evitar las diferencias de temperaturas entre el módulo y el agua, por lo que se tendrá que verificar la temperatura a la que se encuentra antes de comenzar la limpieza y que se podría producir alguna fractura.
- Tener en cuenta si será necesario transportar el agua de una fuente externa o si hay algún suministro cercano.
- Evitar altas presiones sobre los módulos, agua destilada. Se recomienda el uso de agua que posea una baja cantidad de cal y componentes que puedan dejar rastros sobre los módulos.

Una vez verificado lo anterior se podrá proceder a la limpieza de los módulos. Se recomienda utilizar una cantidad de agua abundante sin ningún tipo de detergente o disolvente, y una herramienta de limpieza como esponjas, paños multifibras o telas de algodón o materiales suaves. Se aconseja realizar un secado inmediato una vez eliminada la suciedad para así evitar

machas o huellas. Se evitarán elementos rígidos como espátulas o cepillos que pudieran rayar el módulo.

La frecuencia de limpieza de los módulos dependerá de las condiciones y del lugar donde estén instalados. Por lo general se llevará a cabo una limpieza cada dos meses, aunque se podrá realizar de manera mensual, dependiendo de las condiciones meteorológicas o los efectos adversos que pudieran ocurrir.

Además, si se identificara algún desperfecto, célula en mal estado, vidrio de protección roto, posibles partes oxidadas o alguna deformación, se deberá notificar lo antes posible. Para evitar daños mayores, se recomienda realizar esta inspección cada dos meses.

Por otro lado, es recomendable llevar a cabo una revisión visual periódica de posibles sombras que se puedan crear de manera eventual o distintas a las estudiadas antes de realizar la instalación.

1.1.2 Mantenimiento del inversor

Para este elemento se requiere un mantenimiento más exhaustivo, pues es uno de los equipos más delicado de la instalación.

Estos elementos vienen protegidos por una carcasa para poder soportar y operar protegidos de la intemperie. Estos deben estar protegidos de la radiación solar directa para así no estar sometidos a altas temperaturas.

Las distintas tareas periódicas de mantenimiento recomendadas se llevarán a cabo en distintos periodos.

Se recomienda que una vez al mes se realice una lectura de los datos almacenados, así como de la memoria de posibles fallos.

Se realizará una limpieza dos veces al año, o se sustituirá si es necesario, las cubiertas o rejillas que protegen los filtros de entrada y salida del aire.

Las siguientes tareas están previstas para realizarlas anualmente:

- Realizar una inspección de polvo, suciedad o humedad que se pudiera encontrar en el interior y limpiar el inversor si fuera necesario.
- Comprobar las cubiertas, el funcionamiento y revisar que las conexiones del cableado se encuentran en buen estado.

- Comprobar si el aislamiento presenta algún tipo de alteración, ya sea por decoloración u otro tipo. Si fuera necesario, se sustituirán las conexiones defectuosas o elementos oxidados.
- Será necesario la comprobación de la temperatura de las conexiones mediante termografía infrarroja, pues si se registrara un valor muy elevado, se medirá la intensidad y el voltaje para controlar que estén dentro de los valores normales. Además, la temperatura del alojamiento del inversor deberá encontrarse ente 0°C y 50°C,
- Prestar atención al funcionamiento de los ventiladores y a posibles ruidos generados.
- Verificar que los descargadores de sobretensión están en buen estado, así como la inspección visual de fusibles o elementos de protección como interruptores automáticos, de potencia o de protección de la corriente de defecto.
- Probar el correcto funcionamiento de la parada de emergencia.
- Medir la eficiencia de la conversión de CC a CA.
- Comprobar el buen estado de las etiquetas de advertencias del equipo.

1.1.3 Mantenimiento del soporte de los módulos

El material empleado para estos soportes es de tipo anticorrosivo, pues son de materiales como el aluminio o acero inoxidable en el caso de la tornillería. Se recomienda realizar las siguientes comprobaciones entre una y dos veces al año:

- Verificar el buen estado de fijación de la estructura, tanto a la cubierta como a los módulos. Si fuera necesario se deberá apretar correctamente o realizar una sustitución en su defecto.
- Comprobar que la estructura no posea grietas, deformaciones o cualquier tipo de desperfecto.
- Cerciorase de que las juntas están selladas de manera correcta.
- Comprobar la toma a tierra.

2 Mantenimiento no preventivo o correctivo

Este tipo de mantenimiento corresponde a las tareas de reparación o sustitución de las partes que impidan el correcto funcionamiento, y están destinadas a reducir la necesidad de reparaciones inesperadas. Podrá suponer la interrupción del suministro eléctrico y lo deberá llevar a cabo personal cualificado para poder hacer frente a acontecimientos que necesiten una acción inmediata.

Se recomienda realizar las operaciones de mantenimiento con un mínimo de dos operarios, utilizando siempre las medidas de protección necesarias. Si se empleara algún tipo de herramienta eléctrica, deberán cumplir las características pertinentes y estar dotadas del aislamiento necesario.

Entre los mantenimientos que se deberán llevar a cabo se encuentran los nombrados a continuación.

2.1 Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos

Las comprobaciones que se lleven a cabo en los módulos se deberán realizar cuando la corriente producida sea lo más elevada posible. Se deberá comprobar:

- La accesibilidad y el estado de las cajas de conexión de los módulos
- La corriente de cortocircuito en la caja principal de conexiones de la instalación fotovoltaica. En primer lugar, se comprobará que los paneles están recibiendo el nivel de intensidad correspondiente de los paneles para así poder determinar la corriente de cortocircuito total multiplicando el número de filas de módulos en paralelo por la corriente de cortocircuito de cada módulo.
- La tensión a circuito abierto, que se medirá a la salida de la instalación fotovoltaica, en la caja de conexiones. Se determinará multiplicando el número de paneles por la tensión de circuito abierto de cada módulo.

2.2 Mantenimiento del cuadro general de distribución

Se deberá comprobar los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos y comparar el valor de sus intensidades nominales con la sección del cableado que está protegiendo.

2.2.1 Mantenimiento de la instalación interior

Se deberá comprobar el aislamiento de la instalación interior, entre los conductores y entre cada conductor y tierra. Esta práctica es recomendable realizarla cada cinco años.

2.2.2 Mantenimiento de la puesta a tierra

En primer lugar, hay que tener en cuenta que estas comprobaciones se deberán realizar en la época del año en la que el terreno esté más seco. Se verificará que la resistencia tierra esté por debajo del valor calculado. Además, se deberá observar el estado frente a la corrosión de la conexión de la barra de puesta a tierra.

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



**Universidad
de La Laguna**

ANEXO IV: ENERGÍA GENERADA Y AHORRO

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Objeto.....	1
2	Estimación del consumo y potencia generada.....	1
2.1	Potencia total instalada y consumida	1
2.2	Comparación de potencia generada y consumida.....	2
3	Ahorro obtenido por la instalación fotovoltaica.....	5

1 Objeto

Mediante este documento se pretende estudiar el beneficio a través del análisis de la potencia consumida y la energía generada y ver así cuanto supondrá el ahorro que se obtendrá a lo largo de la vida útil de la instalación gracias al suministro energético proporcionado a través de los módulos, en comparación con el consumo que se tendría consumiendo energía de la red eléctrica.

2 Estimación del consumo y potencia generada

2.1 Potencia total instalada y consumida

Como se puede observar en el Anexo I: Cálculos, en el siguiente gráfico diseñado a partir de la potencia total estimada que se consumirá en las instalaciones del hotel, siendo muy similar a lo largo de todos los meses del año, se ha obtenido el consumo diario a lo largo de una semana, cuyo valor más alto de potencia se producirá aproximadamente a las 13:00, con un valor de 12,21 kW y que el consumo anual será de 43306,28 kWh.

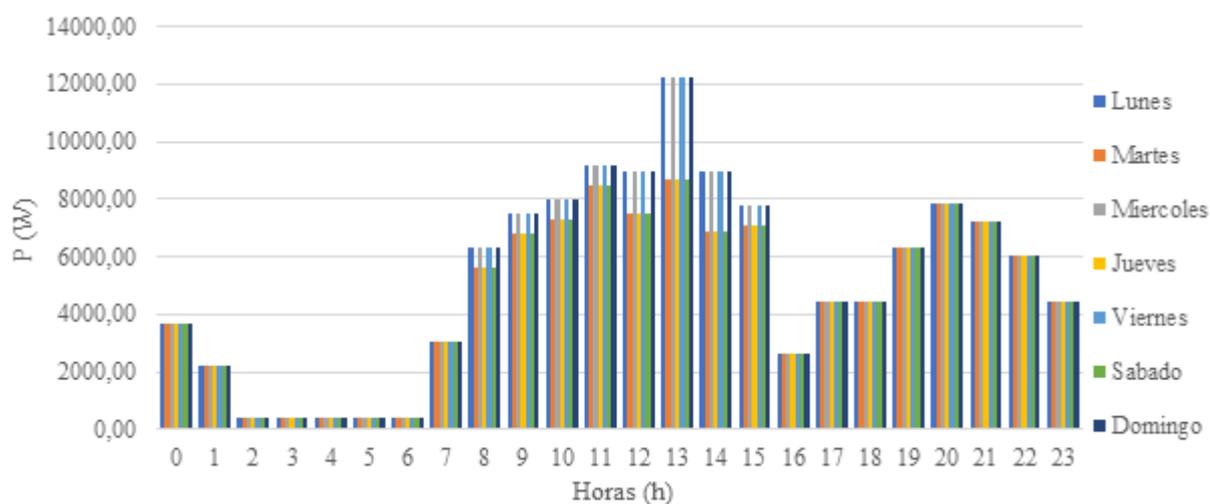


Gráfico 1. Perfil de consumo semanal

El gráfico anterior se ha diseñado a partir de los siguientes datos de potencia de los aparatos eléctricos y del tiempo de uso a lo largo del día.

Elementos	Cantidad	P por elemento (W)
Televisión	9	230
Pantalla PC	1	75
Torre PC	1	65
Router	1	7
Nevera	1	185
Congelador	1	160
Extractor humo	1	500
Horno	1	1200
Placa inducción	2	1400
Microondas	1	1000
Lavavajillas	1	3400
Batidora	1	300
Tostadora	1	3600
Lavadora	2	250
Secadora	2	1200
Aspiradora	1	800
Luminaria Sistema Modular	46	48,5
Luminaria Fluorescente	23	66

Tabla 1. Potencia instalada

2.2 Comparación de potencia generada y consumida

En el Anexo I: Cálculos se ha calculado la potencia total generada por la instalación fotovoltaica que se muestra a continuación.

Mes	$G_{dm}(\alpha, \beta)$ (kWh/(m ² *día))	E_p (kWh/día)	E (kWh)
Enero	4,03	44,69	1385,36
Febrero	4,64	50,78	1421,92
Marzo	5,95	65,05	2016,50
Abril	5,04	55,34	1660,28
Mayo	5,47	59,14	1833,40
Junio	5,66	60,58	1817,48
Julio	5,85	61,35	1901,80
Agosto	5,55	57,80	1734,03
Septiembre	5,76	60,82	1885,44
Octubre	4,72	50,24	1507,11
Noviembre	3,88	42,14	1306,27
Diciembre	3,60	39,70	1191,12
TOTAL		647,64	20076,74

Tabla 2. Generación total estimada

Además, se han extraído los datos de producción horaria por meses mediante el programa PVWatts. Para ellos se han introducidos datos previos como la potencia total de los módulos instalada, las pérdidas que se han tenido en cuenta tras realizar los cálculos pertinentes,

la inclinación y orientación que tendrán los módulos. Con todo estos y los datos de radiación registrada para las coordenadas de la instalación se han obtenido los siguientes datos y gráficos para el mes más desfavorable, que en este caso será el mes de diciembre, y el mes más favorable que será marzo. Estos se han comparado con la media de consumo calculada.

Hora (h)	Generación marzo (Wh)	Generación diciembre (Wh)	Producción media (Wh)
0	0	0	3654,85
1	0	0	2248,35
2	0	0	408,35
3	0	0	408,35
4	0	0	408,35
5	35,38	0	408,35
6	1668,09	0	408,35
7	3528,11	0	3066,94
8	5687,78	836,65	6031,89
9	7321,28	2866,35	7187,29
10	8237,77	4458,63	7680,56
11	8657,39	5840,71	8880,56
12	8402,45	6719,06	8320,93
13	7553,19	7045,20	10685,85
14	5973,63	6603,55	8060,54
15	3839,68	5569,75	7458,64
16	1548,90	3992,89	2618,35
17	139,17	1295,59	4420,85
18	0	5,73	4420,85
19	0	0	6318,85
20	0	0	7848,25
21	0	0	7229,52
22	0	0	6051,52
23	0	0	4420,85

Tabla 3. Generación y consumo por horas para marzo y diciembre

Así, se observa que la producción de energía para el mes más desfavorable será de 7 kW aproximadamente, y al compararlo con el consumo se obtiene lo siguiente:

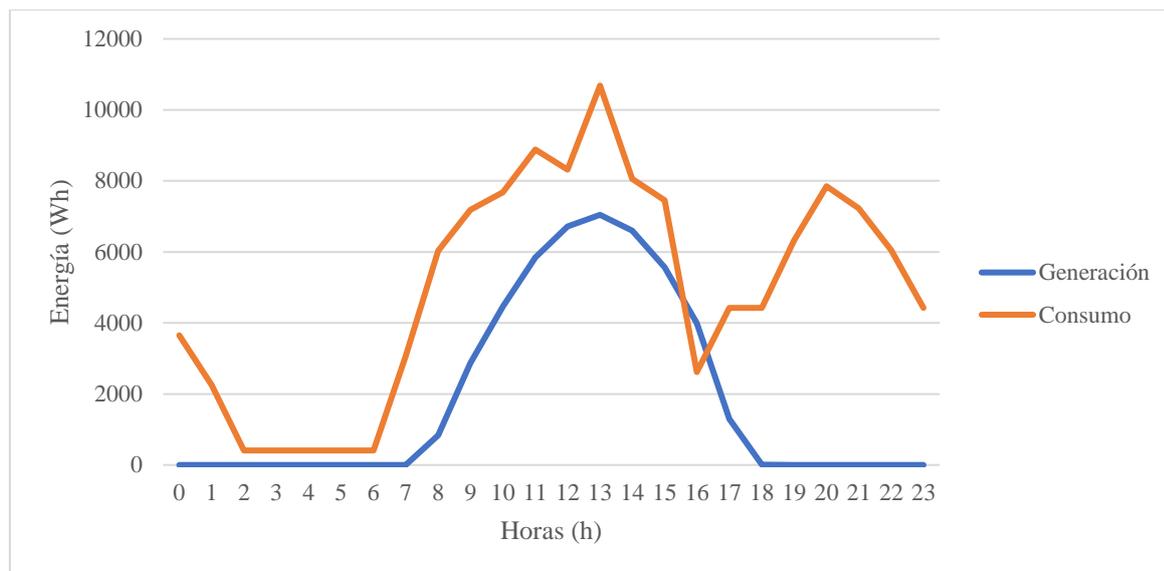


Gráfico 1. Comparación de generación y consumo para diciembre

En cambio, para el mes más favorable se obtiene que la máxima producción será de 8,6 kW aproximadamente. Al compararlo con el consumo se obtiene la siguiente gráfica:

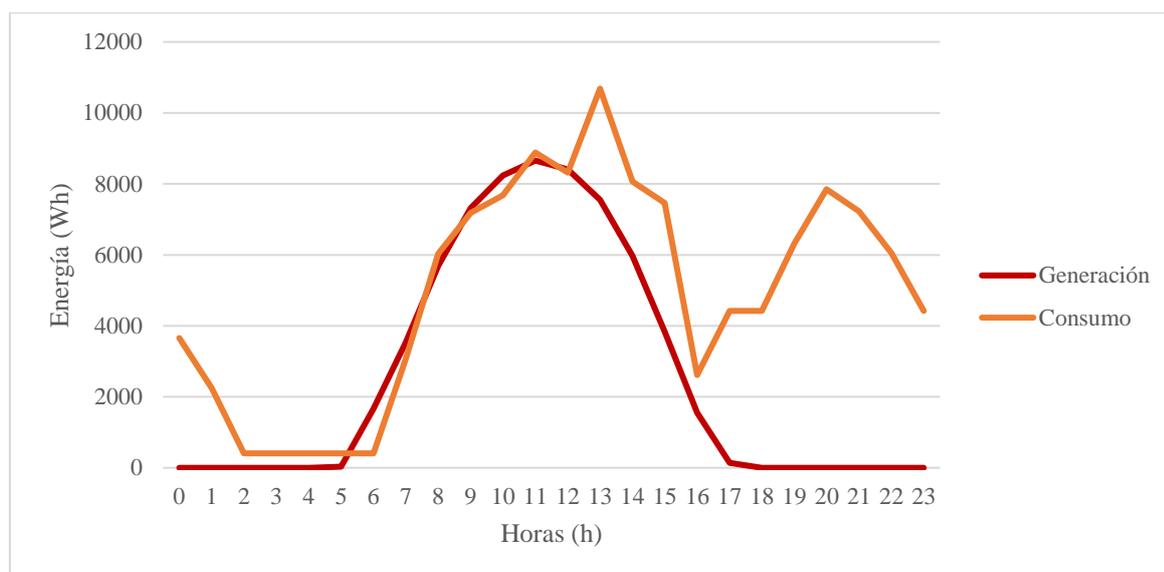


Gráfico 2. Comparación de generación y consumo para marzo

Observando los gráficos anteriores, se refleja que el nivel de potencia consumida supera, prácticamente durante todo el día, a la potencia generada por la instalación. A pesar de esto, el ahorro del consumo de la red eléctrica será bastante importante.

Estos datos también han sido importantes para decidir que no se utilizará un sistema de acumulación, ya que solo hay una pequeña franja del día en la que la generación supera al consumo. Además, hay que tener en cuenta que la inversión en la instalación se vería bastante incrementada.

Por otro lado, también se ha decidido inyectar a la red la energía sobrante producida ya que este exceso solo se produce en una pequeña franja del día. A esto se le suma que, si se quisiera una instalación con inyección nula a la red, habría que dotar a la instalación con un regulador de energía compatible con las características de la instalación, lo que incrementaría aún más los gastos.

3 Ahorro obtenido por la instalación fotovoltaica

Para poder calcular el ahorro bruto aproximado se ha consultado el precio del kWh en la página de Endesa y se ha obtenido un valor de 0,140439 €/kWh de gastos variables y 3,17086 €/kW de gastos fijos por estar conectado a la red eléctrica, que deberán multiplicarse por la potencia contratada, que en este caso será de 14,49 kW. Para el primer año se ha obtenido una generación de 20076,74 kWh y un consumo de 43306,28 kWh.

Para poder obtener el ahorro neto anual obtenido se multiplicará la energía generada por su coste, restándole los costes de mantenimiento (5%) y teniendo en cuenta el Índice de Precios de Consumo (IPC), que es el índice económico que valora los precios de un conjunto de servicios, considerando así un aumento del 1% para cada uno de los años posteriores. Además, debido a que el rendimiento de los módulos se verá reducido con el paso de los años, se considerará que la energía producida por estos será 0,8% menos cada año.

Para determinar a partir de que año será rentable la instalación, se sumará el ahorro neto que se obtiene al final de cada año con el del año anterior para así obtener el ahorro acumulado. Este valor se le restará a la inversión inicial (I_0) obtenida, que será de 25325,93 €.

Hay que tener en cuenta que, a pesar del ahorro por parte de la generación fotovoltaica, se seguirá pagando por el consumo eléctrico, que se determinará con la diferencia del consumo total anual de la generación fotovoltaica. A esto se le sumarán los gastos fijos por potencia contratada. Finalmente se podrá obtener a partir de qué año se comenzará a recuperar dicha inversión.

Teniendo en cuenta todo esto, se muestra en primer lugar la Tabla 4, en la que se refleja el ahorro bruto anual por la instalación fotovoltaica. A continuación de esta, se reflejará en la Tabla 5 lo que se deberá pagar descontando el ahorro que supone la generación solar. Por último, en la Tabla 6 se mostrará el ahorro acumulado y la diferencia con lo que se debe pagar, para así obtener la recuperación de la inversión inicial, mostrando el año en la que se comenzaría

a tener beneficios. Todo esto se ha calculado para los próximos 25 años de vida de media que se estima para la instalación.

Año	Generación 0,8% (kWh)	Precio IPC 1% (€/kWh)	Ahorro Bruto (€)	Ahorro con FV 5% (€)
1	20076,74	0,140439	2819,56	2678,58
2	19916,13	0,141843	2824,97	2683,72
3	19756,80	0,143262	2830,39	2688,88
4	19598,74	0,144694	2835,83	2694,04
5	19441,95	0,146141	2841,27	2699,21
6	19286,42	0,147603	2846,73	2704,39
7	19132,13	0,149079	2852,19	2709,59
8	18979,07	0,150570	2857,67	2714,79
9	18827,24	0,152075	2863,16	2720,00
10	18676,62	0,153596	2868,66	2725,22
11	18527,21	0,155132	2874,16	2730,45
12	18378,99	0,156683	2879,68	2735,70
13	18231,96	0,158250	2885,21	2740,95
14	18086,10	0,159833	2890,75	2746,21
15	17941,41	0,161431	2896,30	2751,49
16	17797,88	0,163045	2901,86	2756,77
17	17655,50	0,164676	2907,43	2762,06
18	17514,25	0,166323	2913,01	2767,36
19	17374,14	0,167986	2918,61	2772,68
20	17235,15	0,169666	2924,21	2778,00
21	17097,26	0,171362	2929,83	2783,33
22	16960,49	0,173076	2935,45	2788,68
23	16824,80	0,174807	2941,09	2794,03
24	16690,20	0,176555	2946,73	2799,40
25	16556,68	0,178320	2952,39	2804,77

Tabla 4. Ahorro anual por la instalación fotovoltaica

Año	Consumo anual (kWh)	Pago sin FV (€)	Gasto fijo IPC 1% (€)	Pago total (€)
1	43306,28	6081,89	551,25	6633,14
2	43306,28	6142,71	556,76	6699,47
3	43306,28	6204,14	562,33	6766,47
4	43306,28	6266,18	567,95	6834,13
5	43306,28	6328,84	573,63	6902,47
6	43306,28	6392,13	579,37	6971,50
7	43306,28	6456,05	585,16	7041,21
8	43306,28	6520,61	591,01	7111,62
9	43306,28	6585,82	596,92	7182,74
10	43306,28	6651,67	602,89	7254,57
11	43306,28	6718,19	608,92	7327,11
12	43306,28	6785,37	615,01	7400,38
13	43306,28	6853,23	621,16	7474,39
14	43306,28	6921,76	627,37	7549,13
15	43306,28	6990,98	633,65	7624,62
16	43306,28	7060,89	639,98	7700,87
17	43306,28	7131,50	646,38	7777,88
18	43306,28	7202,81	652,85	7855,66
19	43306,28	7274,84	659,38	7934,21
20	43306,28	7347,59	665,97	8013,56
21	43306,28	7421,06	672,63	8093,69
22	43306,28	7495,27	679,36	8174,63
23	43306,28	7570,23	686,15	8256,37
24	43306,28	7645,93	693,01	8338,94
25	43306,28	7722,39	699,94	8422,33

Tabla 5. Pago total sin FV

Año	Ahorro con FV (€)	Acumulado (€)	Rentabilidad con FV	Pago total sin FV	Rentabilidad NETA
$I_0 = 25325,93 \text{ €}$					
1	2678,58	2678,58	-22674,35	6633,14	-29307,49
2	2683,72	5362,30	-19990,63	6699,47	-26690,10
3	2688,88	8051,18	-17301,75	6766,47	-24068,22
4	2694,04	10745,21	-14607,72	6834,13	-21441,85
5	2699,21	13444,42	-11908,51	6902,47	-18810,98
6	2704,39	16148,82	-9204,11	6971,50	-16175,61
7	2709,59	18858,40	-6494,53	7041,21	-13535,74
8	2714,79	21573,19	-3779,74	7111,62	-10891,36
9	2720,00	24293,19	-1059,74	7182,74	-8242,48
10	2725,22	27018,41	1665,48	7254,57	-5589,09
11	2730,45	29748,87	4395,94	7327,11	-2931,18
12	2735,70	32484,56	7131,63	7400,38	-268,75
13	2740,95	35225,51	9872,58	7474,39	2398,20
14	2746,21	37971,73	12618,80	7549,13	5069,66
15	2751,49	40723,21	15370,28	7624,62	7745,66
16	2756,77	43479,98	18127,05	7700,87	10426,18
17	2762,06	46242,04	20889,11	7777,88	13111,23
18	2767,36	49009,40	23656,47	7855,66	15800,82
19	2772,68	51782,08	26429,15	7934,21	18494,94
20	2778,00	54560,08	29207,15	8013,56	21193,60
21	2783,33	57343,42	31990,49	8093,69	23896,80
22	2788,68	60132,10	34779,17	8174,63	26604,54
23	2794,03	62926,13	37573,20	8256,37	29316,83
24	2799,40	65725,53	40372,60	8338,94	32033,66
25	2804,77	68530,30	43177,37	8422,33	34755,04

Tabla 6. Rentabilidad de la instalación

Mediante esta tabla se refleja que entre el año 12 y 13 la instalación comienza a ser rentable ya que el balance entre el ahorro y la inversión pasa de ser negativo a positivo, lo que significa que obtiene beneficio de algún modo.

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



ANEXO V: FICHAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

Módulo fotovoltaico Atersa- 315P	1
Soporte de módulos K2 System Triangle/Multiangle	3
Inversor Sunny Tripower 15000TL.....	5

+Ultra *nueva gama*

➔ Módulo fotovoltaico
A-305P / A-310P / A-315P (TYCO 3.2)



+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 3.2 mm

+UltraTES
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único
en el mercado,
patentado por
Atersa.



Características eléctricas (STC: 1kW/m², 25°C±2°C y AM 1,5)*

	A-305P	A-310P	A-315P
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)	8,27 A	8,35 A	8,43 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,88 V	37,14 V	37,37 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,78 A	8,83 A	8,88 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45,97 V	46,14 V	46,31 V

Parámetros térmicos

Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,04% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C

Características físicas

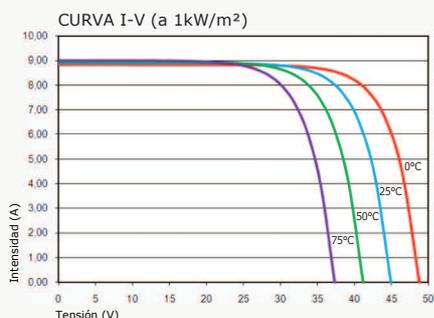
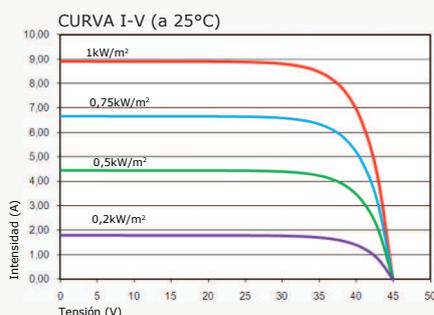
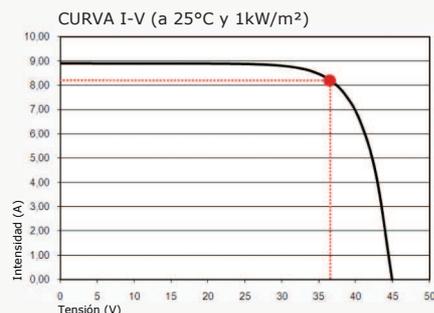
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40
Peso (± 0,5 kg)	22,5
Área (m ²)	1,95
Tipo de célula (± 1 mm)	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP67
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1200 mm
Conectores	TYCO PV4

Rango de funcionamiento

Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V (IEC)/ CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h)
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

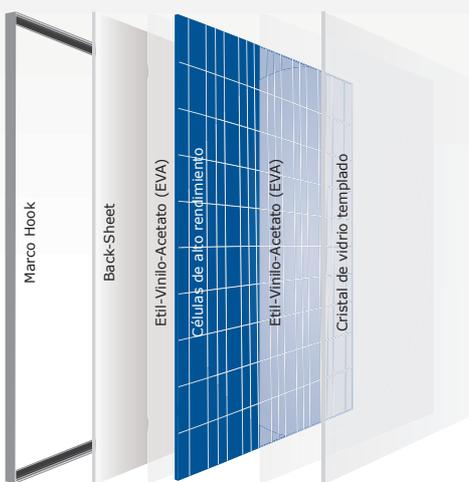
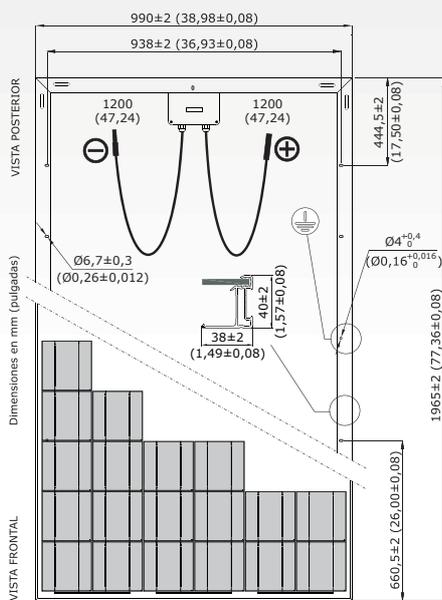
*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Curvas modelo A-305P

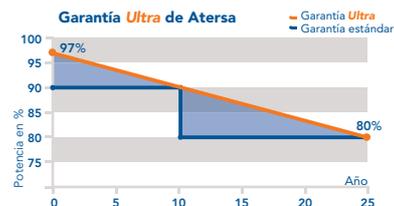


* Max. Reverse Current (IR): 15,1A.
* Max. Series Fuses: 15A.

Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **595 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.atersa.com • atersa@elecnor.com
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 27/04/17
Ref.: MU-6P (5) 6x12-D (TY 3.2)
© Atersa SL, 2016





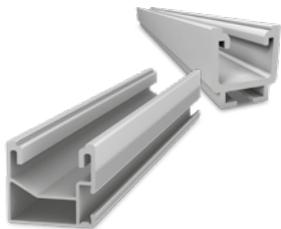
Sistema Triangle / MultiAngle 10-45°



- ▶ Ángulo de elevación individualmente regulable
- ▶ Orientación universal de módulos
- ▶ Elevada flexibilidad y soluciones individualizadas

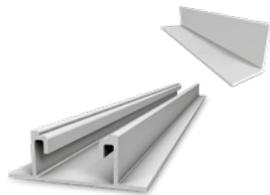


COMPONENTES DEL SISTEMA TRIANGLE/MULTIANGLE



Guías de montaje

- ▶ Triangle: SolidRail
- ▶ MultiAngle: SingleRail



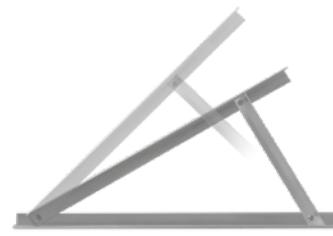
Montaje de base

- ▶ Triangle: Perfil L
- ▶ MultiAngle: SpeedRail o perfil L



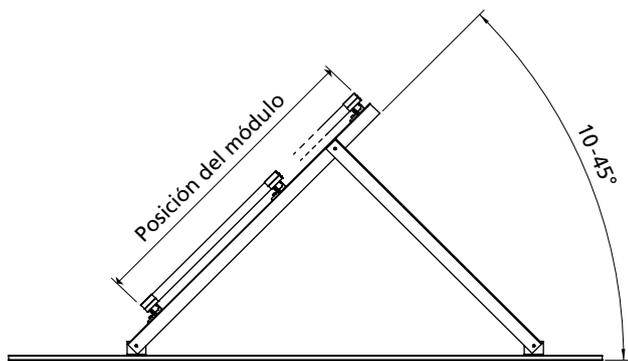
Orientación de módulos

- ▶ Triangle: Montaje horizontal con AddOn
- ▶ MultiAngle: Montaje vertical, 2 alturas para montaje horizontal (fijación en las esquinas o con AddOn)

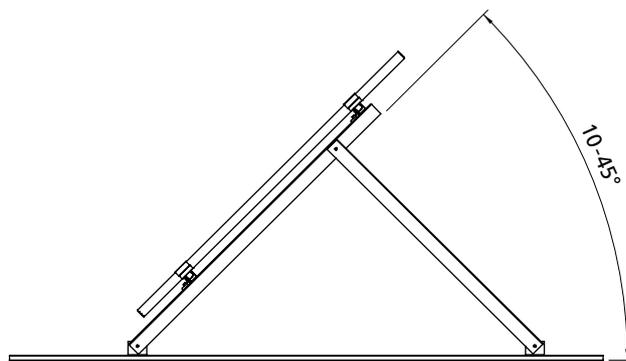


Elevación

- ▶ Triangle: Disponible con 10-45°
- ▶ MultiAngle: Regulable individualmente a 10-45°



Módulos con orientación horizontal



Módulos con orientación vertical

DATOS TÉCNICOS

	Triangle / MultiAngle
Campo de aplicación	Tejados planos o suelo
Tipo de fijación / anclaje al techo	Contrapeso o tornillos autorroscantes
Particularidades técnicas	Separación térmica tras máx. 13,6 m
Ángulo de inclinación	10-45° de fábrica o regulable individualmente con MultiAngle
Material	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Guías de montaje, pletinas de módulo: Aluminio (EN AW-6063 T66/EN AW-6082 T6) ▶ Apto también para placas de PE ▶ Piezas pequeñas: Acero inoxidable (1.4301) A2

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL



STP 15000TL-30 / STP 20000TL-30 / STP 25000TL-30



Rentable

- Rendimiento máximo del 98,4 %

Seguro

- Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)

Flexible

- Tensión de entrada de CC hasta 1000 V
- Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring
- Pantalla opcional

Innovador

- Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control
- Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

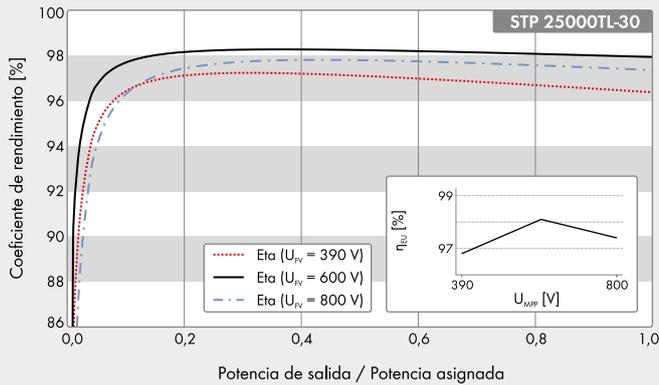
La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 Wp
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%
Equipamiento / función / accesorios	
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●
Relé multifunción/Power Control Module	○ / ○
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438	
Modelo comercial	STP 15000TL-30

Curva de rendimiento



Accesorios



Interfaz RS485
DM-485CB-10



Power Control Module
PWCMOD-10



Descargador de sobretensión
de CC tipo II, entradas A y B
DCSPD KIT3-10



Relé multifunción
MFR01-10

● De serie ○ Opcional – No disponible
Datos en condiciones nominales
Actualizado: octubre de 2017

Datos técnicos

Entrada (CC)

Potencia máx. del generador fotovoltaico
Potencia asignada de CC
Tensión de entrada máx.
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada
Tensión de entrada mín./de inicio
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP

Salida (CA)

Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)
Potencia máx. aparente de CA
Tensión nominal de CA

Rango de tensión de CA

Frecuencia de red de CA/rango

Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red

Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida

Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable

THD

Fases de inyección/conexión

Rendimiento

Rendimiento máx./europeo

Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada
Monitorización de toma a tierra/de red
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)

Datos generales

Dimensiones (ancho/alto/fondo)
Peso
Rango de temperatura de servicio
Emisión sonora, típica
Autoconsumo nocturno
Topología/principio de refrigeración
Tipo de protección (según IEC 60529)
Clase climática (según IEC 60721-3-4)
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

Equipamiento / función / accesorios

Conexión de CC/CA
Pantalla
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus
Relé multifunción/Power Control Module
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller
Garantía: 5/10/15/20 años
Certificados y autorizaciones (otros a petición)

* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438

Modelo comercial

Sunny Tripower 20000TL

36000 W _p
20440 W
1000 V
320 V a 800 V/600 V
150 V/188 V
33 A/33 A
2/A:3; B:3

Sunny Tripower 25000TL

45000 W _p
25550 W
1000 V
390 V a 800 V/600 V
150 V/188 V
33 A/33 A
2/A:3; B:3

20000 W	25000 W
20000 VA	25000 VA

3 / N / PE; 220 V / 380 V
3 / N / PE; 230 V / 400 V
3 / N / PE; 240 V / 415 V

180 V a 280 V

50 Hz/44 Hz a 55 Hz
60 Hz/54 Hz a 65 Hz

50 Hz/230 V

29 A/29 A	36,2 A/36,2 A
-----------	---------------

1/0 inductivo a 0 capacitivo

≤ 3%

3/3

98,4%/98,0%	98,3%/98,1%
-------------	-------------

●
● / ●
○
● / ● / –
●
I / AC: III; DC: II

661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)

61 kg (134,48 lb)

–25 °C a +60 °C (–13 °F a +140 °F)

51 dB(A)

1 W

Sin transformador/OptiCool

IP65

4K4H

100%

SUNCLIX/Borne de conexión por resorte

○

○ / ●

● / ●

○ / ○

● / ● / ●

● / ●

● / ○ / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, S14777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014

STP 20000TL-30

STP 25000TL-30

www.SunnyPortal.com

Monitorización, gestión y presentación profesionales de plantas fotovoltaicas



www.SMA-Iberica.com

SMA Solar Technology

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



PLANOS

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

Emplazamiento	1
Situación	2
Distribución y conexionado de módulos	3
Planta del hotel y cuarto eléctrico.....	4
Vista 3D del hotel	5
Esquema unifilar.....	6

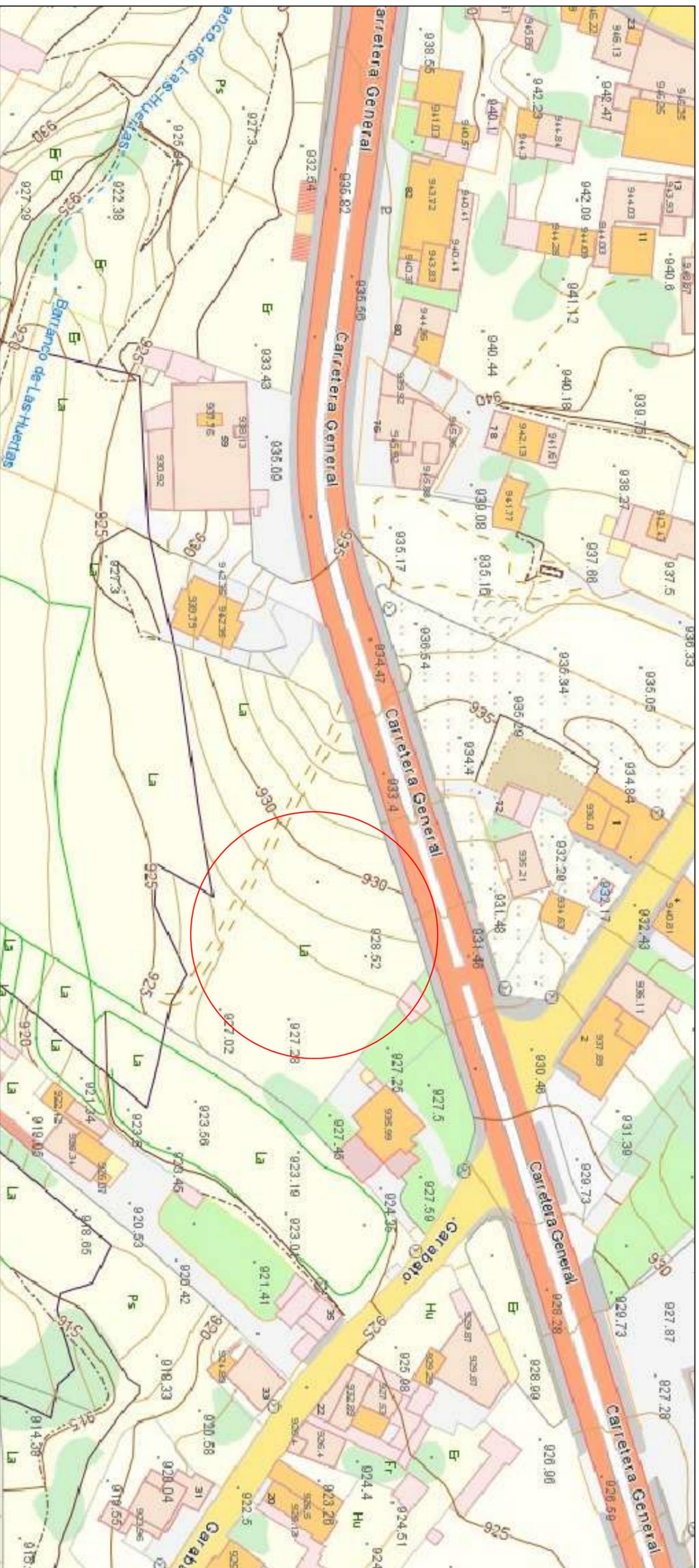


Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería Universidad de La Laguna Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	Saúl Rodríguez Pérez		
Comprobado	27/06/2018	UNE-EN-DIN	Nº de Plano:
Id. s. normas			1
Escala:			
1:5000			

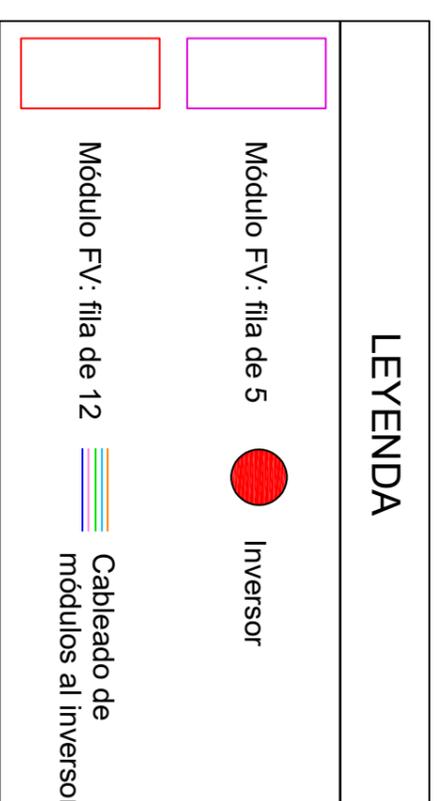
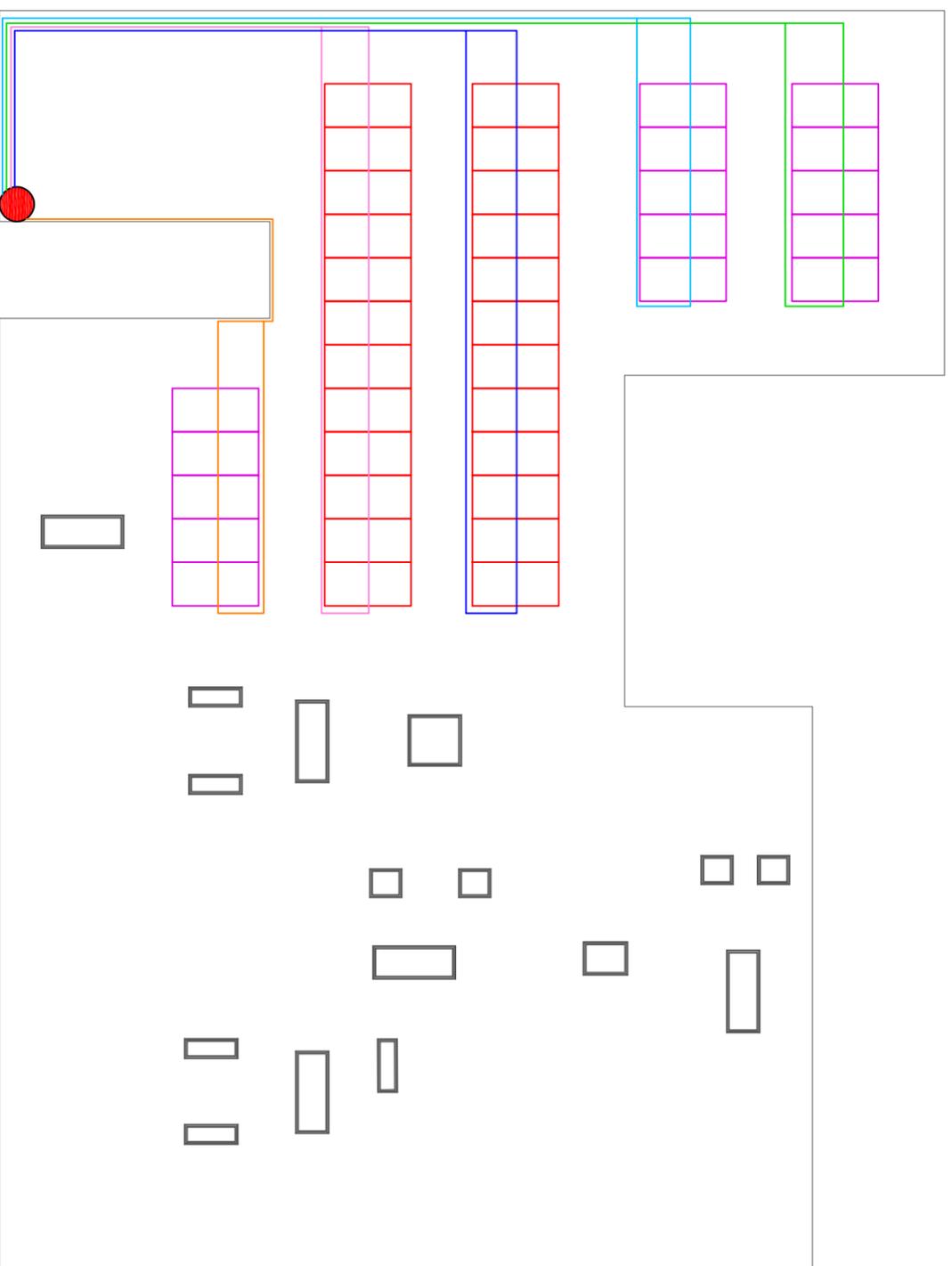
Situación

1



Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

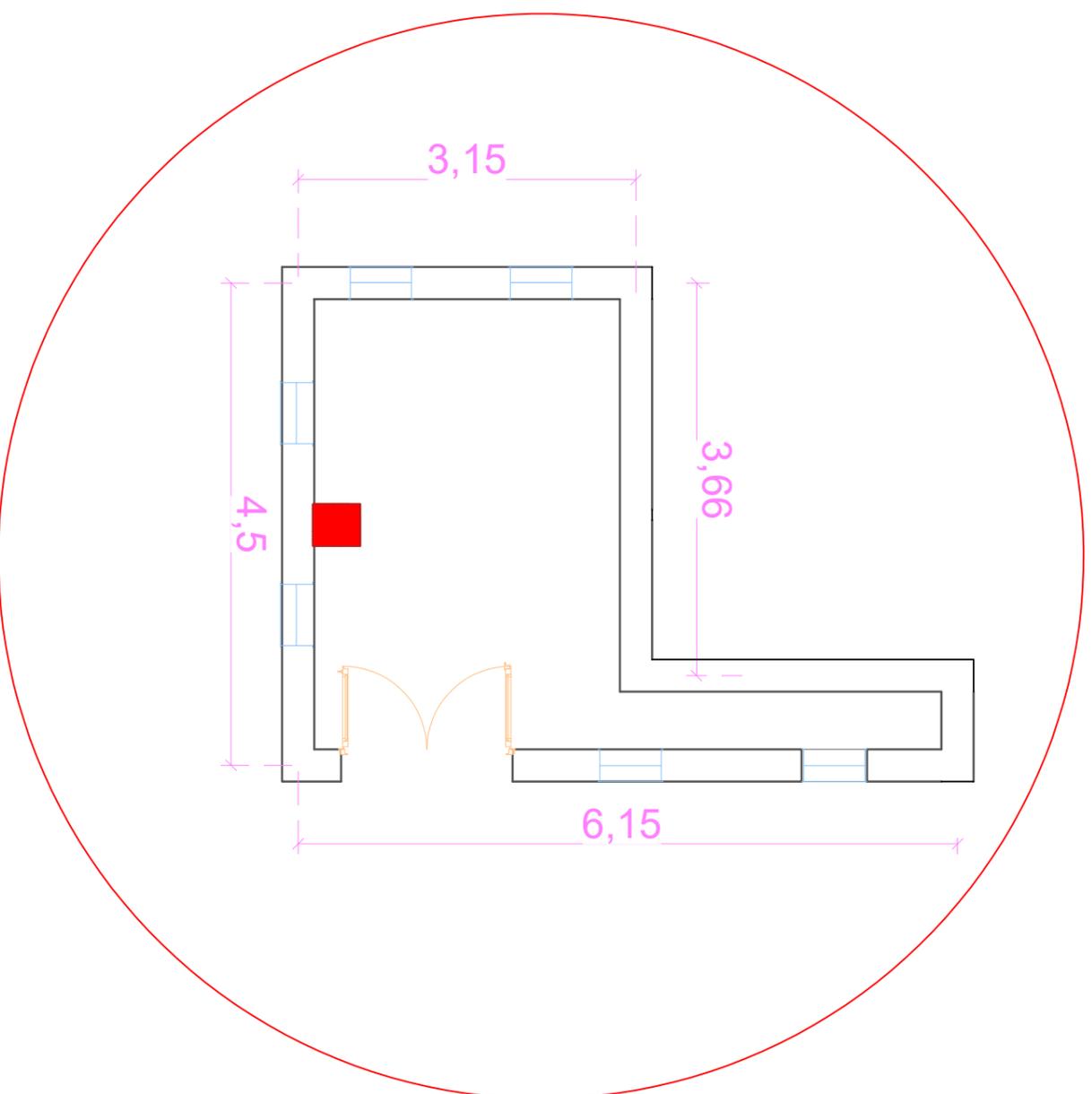
Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería Universidad de La Laguna Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Dibujado	Saúl Rodríguez Pérez		
Comprobado	27/06/2018	UNE-EN-DIN	Nº de Plano:
Id. s. normas			
Escala:			
1:1000		<h1>Emplazamiento</h1>	
		<h1>2</h1>	



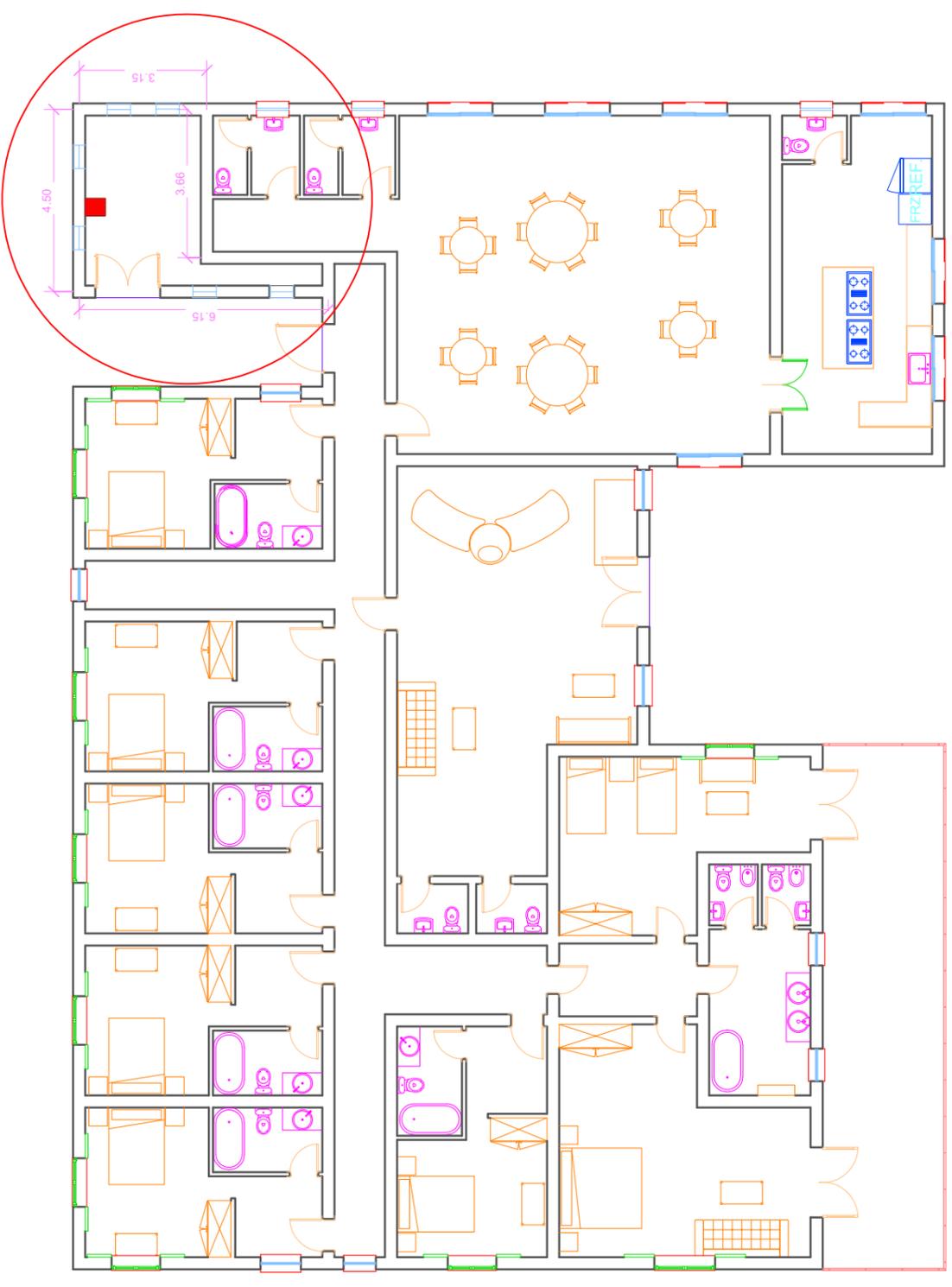
Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

Fecha	27/06/2018	Autor	Saúl Rodríguez Pérez
Dibujado	27/06/2018	 Universidad de La Laguna	
Comprobado	27/06/2018		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	
Escala:		Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería Universidad de La Laguna Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	
S/E		Distribución y conexionado de módulos	
		Nº de Plano: <h1 style="font-size: 2em;">3</h1>	

Cuarto eléctrico

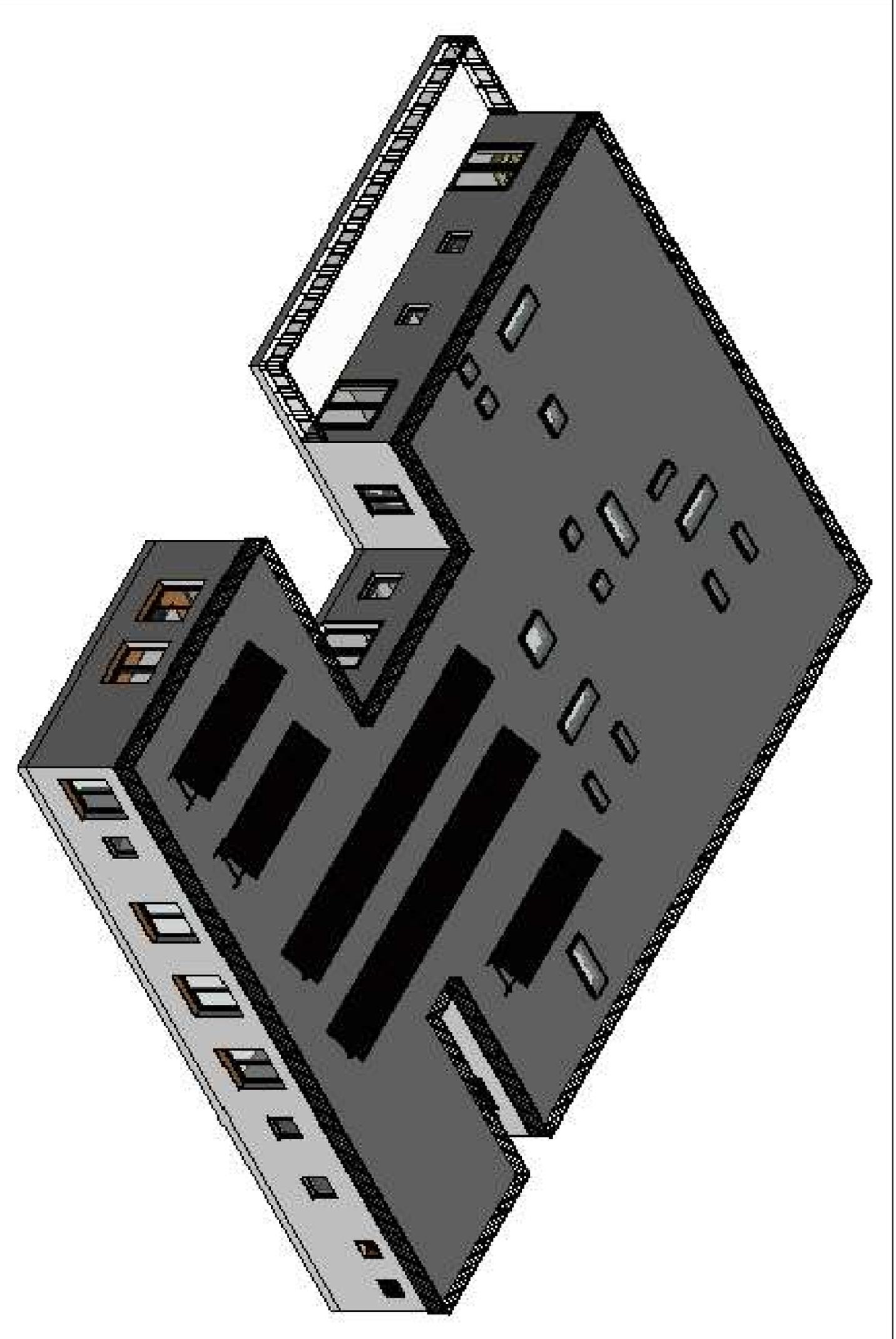


LEYENDA	
■	Inversor
┌┐	Rejilla ventilación



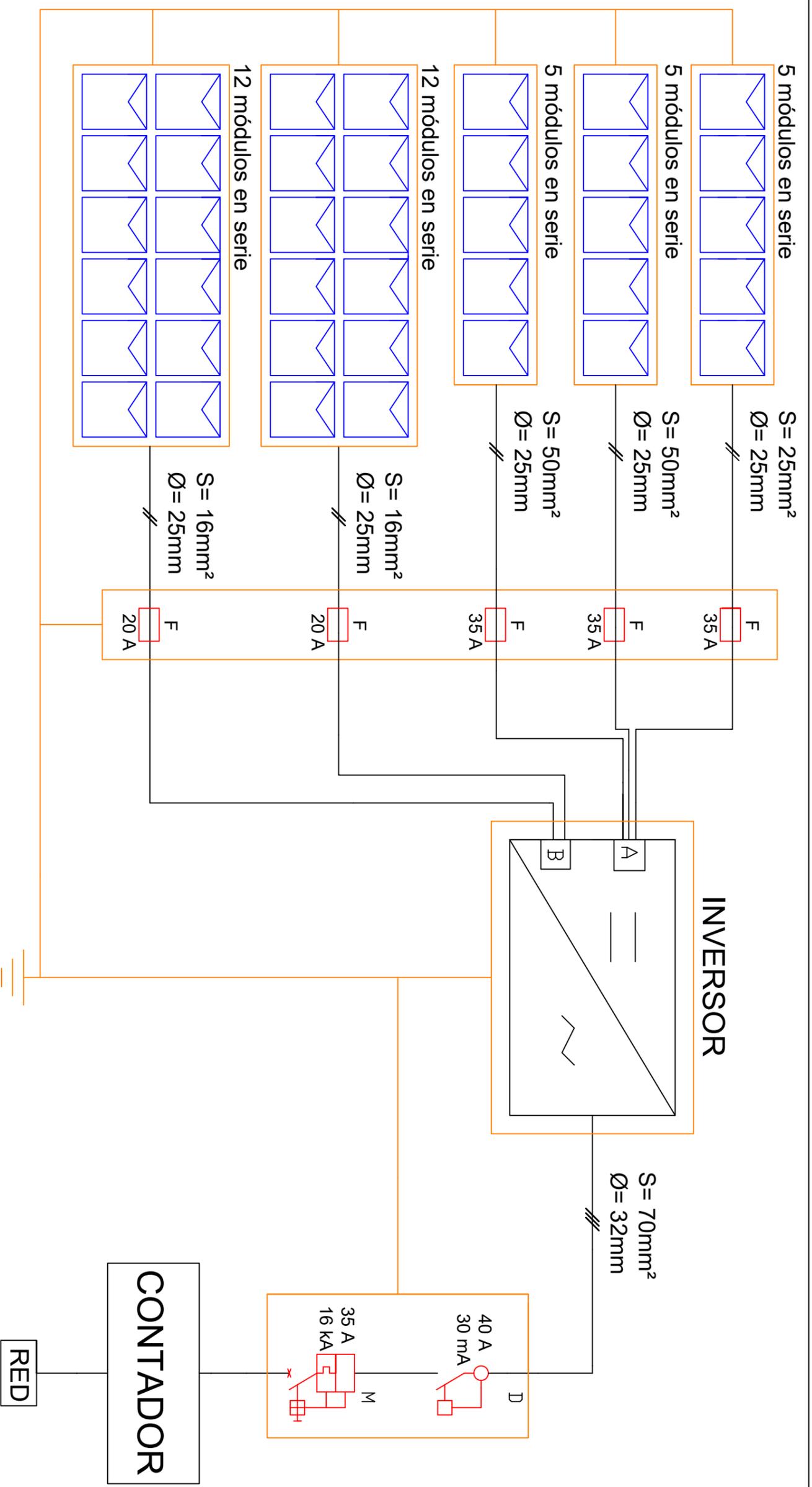
Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería		Fecha		Autor	
Universidad de La Laguna		27/06/2018	Saúl Rodríguez Pérez		
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática		Comprobado	27/06/2018	Id. s. normas	
UNE-EN-DIN		Escala:			
Planta del hotel y cuarto eléctrico		S/E			
Nº de Plano:		4			



Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

	Fecha	Autor	Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería	
Dibujado	27/06/2018	Saúl Rodríguez Pérez	Universidad de La Laguna	
Comprobado	27/06/2018	Pérez	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
Escala:				Nº de Plano:
S/E	Vista 3D			5



LEYENDA

	Fusible		Interruptor magnetotérmico		Conductor monofásico
	Interruptor diferencial		Módulo fotovoltaico		Conductor trifásico
	Tierra		Sección de canalización de PVC		Diámetro del cable de cobre con aislante XLPE

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural

Dibujado	27/06/2018	Autor	Saúl Rodríguez Pérez		Escuela Superior de Tecnología e Ingeniería Universidad de La Laguna Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Comprobado	27/06/2018	Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
Escala:			Nº de Plano:		

Esquema Unifilar

6

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



PLIEGO DE CONDICIONES

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Objeto	1
2	Normativa aplicable.....	1
3	Responsabilidades	3
4	Ejecución de la obra	3
4.1	Orden de ejecución de la instalación	4
4.2	Comienzo y duración de la ejecución de la instalación	4
4.3	Defectos de la obra	4
4.4	Aceptación de la instalación	5
4.5	Preservación de la instalación.....	5
4.6	Medios auxiliares	5
4.7	Libro de órdenes	6
4.8	Libro de incidencias.....	6
5	Modificación del proyecto.....	6
6	Descripción del diseño de la instalación.....	6
6.1	Diseño del generador fotovoltaico	6
6.1.1	Orientación e inclinación y sombras	7
7	Especificaciones de los elementos.....	7
7.1	Generalidades.....	7
7.2	Módulos fotovoltaicos	8
7.3	Soporte de los módulos fotovoltaicos.....	9

7.4	Inversores	11
7.5	Cableado	13
7.6	Conexión a red.....	13
7.7	Medidas	13
7.8	Protecciones y puesta a tierra	13
8	Garantías	14
8.1	Plazos.....	14
8.2	Condiciones económicas	15
8.3	Anulación de la garantía.....	15
8.4	Lugar y tiempo de la prestación	15

1 Objeto

Mediante este documento se pretende definir las características mínimas que deberá cumplir la instalación además de servir como guía a la empresa instaladora y así como los fabricantes. Se reflejarán las especificaciones mínimas que deberá cumplir la instalación para garantizar la mayor calidad posible. El ámbito de aplicación del Pliego de Condiciones tendrá como objeto la instalación, a los sistemas eléctricos y electrónicos, así como a los sistemas mecánicos que forman parte del hotel rural.

En determinadas situaciones se podrá llevar a cabo diferentes soluciones mencionadas en el presente Pliego de Condiciones, por la propia naturaleza de cada situación, siempre que sea de manera justificada la necesidad y nunca disminuyendo las exigencias mínimas de calidad requeridas. Además, este Pliego de Condiciones está vinculado a las líneas de ayuda para la promoción de la energía solar en el ámbito del plan de energías renovables y se garantizará lo siguiente:

- Asegurar la continuidad del suministro.
- Instalación segura para los usuarios.
- Calidad y durabilidad de la instalación
- Cumplir la normativa vigente en el ámbito de las energías renovables.

2 Normativa aplicable

La normativa y las leyes en las cuales se ha basado este proyecto, y mediante las cuales se han definido las características y calidad de los elementos de la instalación, han sido las siguientes:

- Ley 54/1997 del Sector Eléctrico.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- R.D. 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Respecto a la Seguridad y Salud llevada a cabo en el desarrollo de la obra, se tendrán en cuenta la siguiente normativa:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado. B.O.E.: 10 de noviembre de 1995.
- Seguridad y Salud en los lugares de trabajo. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- Manipulación de cargas. Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 24 de mayo de 1997.
- Utilización de equipos de trabajo. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 7 de agosto de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 25 de octubre de 1997.
- Real Decreto por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión. Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. B.O.E.: 2 de septiembre de 2015.
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. B.O.E.: 5 de febrero de 2009.
- Señalización de seguridad y salud en el trabajo. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- Real Decreto por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno. B.O.E.: 28 de diciembre de 1992.

- Utilización de equipos de protección individual. Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 12 de junio de 1997.
- Orden por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social. Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 11 de octubre de 2007.
- DB-HS Salubridad. Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 28 de marzo de 2006.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Instrucción 8.3-IC Señalización de obras. Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987.

3 Responsabilidades

Durante la ejecución de la obra, el responsable de la instalación será la persona designada por la empresa instaladora. No tendrá derecho a la indemnización por el mayor precio que pudieran costar los materiales, ni por fallo en el presupuesto presentado al cliente.

El Coordinador de Seguridad y Salud designado por la empresa encargada de la instalación, será responsable directo de todos los accidentes que puedan surgir durante la ejecución de la obra, ya que su función principal es que se cumplan las normas de Seguridad y Salud presentes en el documento “Estudio Básico de Seguridad y Salud”.

4 Ejecución de la obra

La ubicación de la instalación se deberá ubicar en el espacio previamente designado y sobre el cual se ha dimensionado. Será deber del director de la obra, el indicar las debidas posiciones en las que se ejecutará la obra en presencia del encargado de la empresa instaladora. Los materiales previamente reflejados en el presupuesto deberán ser suministrados por la

contrata, es decir, la empresa contratada para la debida ejecución de la obra con la cual se firmará un contrato donde se refleje que se emplearán materiales de primera calidad.

Si existiera cualquier contradicción, así como alguna omisión de los documentos, será obligación de la contrata manifestarlo al director de obra para así tomar las decisiones necesarias. Bajo ningún concepto se sustituirá el material indicado, así como la falta del mismo, sin notificarse previamente.

4.1 Orden de ejecución de la instalación

Durante la ejecución de la instalación, se deberán instalar los elementos que la componen en el siguiente orden:

- 1) Colocación de los soportes de los módulos.
- 2) Instalación de los módulos sobre los soportes.
- 3) Instalación del inversor en el cuarto eléctrico.
- 4) Instalación y colocación del cableado, así como su conexionado y las respectivas canalizaciones.

4.2 Comienzo y duración de la ejecución de la instalación

El inicio de la obra, así como la duración de la misma, será establecido mediante un acuerdo entre la empresa que realizará la instalación y el propietario. Si estos plazos no se cumplieran, tanto el de inicio como la ejecución, se deberá dotar al propietario con la indemnización correspondiente.

4.3 Defectos de la obra

Cuando se identifique cualquier elemento o cosa determinada que no cumpla con las especificaciones del proyecto, deberá ser notificado cuanto antes al director de obra para que así, se puedan tomar las medidas necesarias para poder llevar a cabo todo lo previamente previsto. Si fuera necesario, se podría buscar una solución mediante una posible sustitución del material, o por otro lado, mediante algún acuerdo económico. Esto podría suponer una ampliación de entrega provisional si fuera necesario.

4.4 Aceptación de la instalación

Tras la finalización de la obra, se deberá verificar el correcto funcionamiento de toda la instalación mediante una serie de pruebas técnicas, así como comprobar que se hayan cumplido todas las condiciones de seguridad y salud destinadas a evitar los peligros o posibles accidentes de los usuarios. Entre las pruebas a realizar, se encuentran las siguientes:

- Puesta en marcha y funcionamiento. En este aspecto se deberá comprobar el correcto funcionamiento durante 240 horas seguidas sin que se produzca ninguna posible interrupción.
- Realizar las pruebas necesarias en las medidas de seguridad y las protecciones del sistema.

Por otra parte, una vez finalizada la obra, la empresa instaladora deberá entregar al propietario un comprobante donde se refleje el abastecimiento de todos los elementos, componente y los manuales de uso y mantenimiento de los mismos, los cuales deben de estar en castellano. Además, con la finalización de la obra, la empresa dejará todo en buen estado, realizando todas las tareas necesarias de limpieza o retirada del material sobrante.

4.5 Preservación de la instalación

Durante la ejecución de la obra, la empresa contratada tendrá la responsabilidad de mantener todos los elementos en correcto estado hasta la fecha de aceptación de la instalación, reponiendo o sustituyendo bajo su responsabilidad cualquier daño provocado por algunos de los trabajadores si se diera el caso.

4.6 Medios auxiliares

Será la empresa contratada la encargada de suministrar todos materiales y medios auxiliares que hicieran falta durante la ejecución de la obra. Entre estos se encuentran los andamios, camiones, grúas, herramienta, etc. La provisión de estos elementos no modificará el presupuesto acordado antes del inicio de la obra.

4.7 Libro de órdenes

En este libro estarán reflejadas todas las instrucciones necesarias para interpretar las características del proyecto, así como las acciones necesarias ante posibles imprevistos durante la ejecución de la obra. Este libro estará en posesión del encargado de la obra, el cual interpretará las instrucciones a seguir para asegurar la calidad y seguridad necesarias según la ley.

4.8 Libro de incidencias

En este libro se reflejarán todos los imprevistos, así como los posibles accidentes ocurridos durante la ejecución de la obra. Además, también se reflejarán todas las penalizaciones de los trabajadores que hayan incumplido cualquier aspecto en el ámbito de la seguridad y salud.

5 Modificación del proyecto

Si fuera necesaria realizar alguna modificación para poder ejecutar la obra cumpliendo los requisitos impuesto, será la empresa contratada de realizar dichas modificaciones sobre el proyecto inicial. Estas, no podrán suponer un incremento superior al 15% sobre el presupuesto original, por lo que se deberá realizar un comparativa una vez propuesta la modificación.

6 Descripción del diseño de la instalación

6.1 Diseño del generador fotovoltaico

Todos los módulos de la instalación deberán ser del mismo modelo o, si no se diera el caso, garantizar una compatibilidad tal que no pueda darse cualquier efecto negativo en la instalación. En cualquier caso excepcional, se deberá aportar la documentación que verifique que el módulo cumple con las especificaciones y normativas pertinentes, para poder ser aprobado su uso.

6.1.1 Orientación e inclinación y sombras

Las posibles pérdidas de radiación solar ocasionadas por posibles sombras proyectadas sobre los módulos o debidas a la orientación o inclinación, nunca deberán ser mayores a las expuestas en la siguiente tabla:

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

Tabla 1. Pérdidas por orientación e inclinación y sombras

Como se ha estudiado, en esta instalación, de tipo general, no se reflejan pérdidas de estas características, por lo que se han tomado los valores máximos expuestos en la tabla para el dimensionado.

Si se diera el caso especial en el que no se cumpliera lo expuesto, habría que evaluar las reducciones energéticas producidas debiéndose incluir en la memoria.

7 Especificaciones de los elementos

7.1 Generalidades

Como norma general, el grado de aislamiento deberá ser de clase I para todos los equipos de la instalación, como módulos e inversores o a los materiales como conductores, cajas y armarios de protección. Por otro lado, lo que se refiere al cableado de CC, deberá poseer doble aislamiento de clase II y un grado de protección mayor o igual de IP65.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Además, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano.

7.2 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.

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.

- 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 IP65.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- 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 $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
- La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán 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.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

7.3 Soporte de los módulos fotovoltaicos

Los soportes de los módulos deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

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 tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea 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.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana como integrados sobre tejado. Se incluirán todos los accesorios y apoyos y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

7.4 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

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

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos 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. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en 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 IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: 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.

7.5 Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con 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 deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

El cable 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.

7.6 Conexión a red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

7.7 Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

7.8 Protecciones y puesta a tierra

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.

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

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

8 Garantías

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

8.1 Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.

Si hubiera que interrumpirse el suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

8.2 Condiciones económicas

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, con una previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

8.3 Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

8.4 Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



MEDICIONES

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Mediciones	1
1.1	Tipo y cantidad de elementos de la instalación	1
1.1.1	Cableado	1
1.1.2	Protecciones	1
1.1.3	Canalizaciones	1
1.1.4	Contador	1
1.1.5	Fotovoltaica	2
1.1.6	Seguridad y salud	2
1.1.7	Instalaciones provisionales de higiene y bienestar	2
1.1.8	Señalización provisional de obras	2

1 Mediciones

En este apartado se reflejarán las unidades de obra que conforman la instalación, reflejando el número y tipo de elementos, la cantidad de ellos que serán necesario, así como algunas de sus características.

1.1 Tipo y cantidad de elementos de la instalación

1.1.1 Cableado

Elemento	Tipo	Cantidad
Cable	XLPE 16mm ²	140 m
	XLPE 25mm ²	40 m
	XLPE 50mm ²	135 m
	XLPE 70mm ²	50 m

Tabla 1. Mediciones cableado

1.1.2 Protecciones

Elemento	Tipo	Cantidad
Fusible	Tipo gG, 35 A	3 uds
	Tipo gG, 20 A	2 uds
Interruptor automático Diferencial	Magnetotérmico, 35 A, 16 kA	1 ud
	Clase AC, 40 A	1 ud
Puesta a tierra (PAT)	Picas, 2,5m	6 uds

Tabla 2. Mediciones protecciones

1.1.3 Canalizaciones

Elemento	Tipo	Cantidad
Tubo	PVC, 25mm	40 m
	PVC, 50mm	85 m
	Polietileno, 40mm	55 m

Tabla 3. Mediciones canalizaciones

1.1.4 Contador

Elemento	Tipo	Cantidad
Contador de generación	ENDESA y Viesgo trifásico	1 ud

Tabla 4. Mediciones contador

1.1.5 Fotovoltaica

Elemento	Tipo	Cantidad	
Módulo	Atersa 315 W	39 uds	
Inversor	Sunny Tripower, 15000 TL	1 ud	
Soporte	K2 System triangle/multiangle	5,40 m	3 uds
		6,10 m	4 uds

Tabla 5. Mediciones fotovoltaicas

1.1.6 Seguridad y salud

Elemento	Tipo	Cantidad
Sistemas de protección colectiva	Cadena delimitación	7 uds
EPIs	Casco	2 uds
	Mono de trabajo	2 uds
	Par de guantes	2 uds
	Par de zapatos	2 uds
	Faja lumbar	2 uds
Primeros auxilios	Botiquín	1 ud

Tabla 6. Mediciones seguridad y salud

1.1.7 Instalaciones provisionales de higiene y bienestar

Elemento	Tipo	Cantidad
Caseta	Aseo portátil	1 ud
	Caseta prefabricada	1 ud
	Transporte caseta	1 ud

Tabla 7. Mediciones instalaciones provisionales de higiene y bienestar

1.1.8 Señalización provisional de obras

Elemento	Tipo	Cantidad
Señalización de seguridad y salud	Cartel general indicativo de riesgos	1 ud
Señalización zonas de trabajo	Cinta con soportes hincados	1 ud

Tabla 8. Mediciones señalización provisional de obras

Diseño de instalación fotovoltaica de un hotel rural



PRESUPUESTO

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática

Autor: Saúl Rodríguez Pérez

Tutores: Benjamín González Díaz y Sara González Pérez

Julio 2018

ÍNDICE

1	Presupuesto.....	1
1.1	Presupuesto por capítulos	1
1.1.1	Cableado	1
1.1.2	Protecciones.....	3
1.1.3	Canalizaciones	6
1.1.4	Contador	8
1.1.5	Fotovoltaica	9
1.1.6	Seguridad y Salud.....	12
1.2	Presupuesto total de ejecución material (PEM)	15
1.3	Presupuesto total de ejecución por contrata.....	16

1 Presupuesto

A continuación, se mostrarán los costes económicos de la ejecución material de la instalación reflejados en el apartado de Mediciones. Se reflejarán los precios unitarios de los materiales, mano de obra, así como elementos auxiliares y costes indirectos.

Estos datos han sido obtenidos mediante el Generador de Precios de la Construcción de CYPE Ingenieros, donde se recogen los precios de referencia teniendo en cuenta los siguientes condicionantes: provincia, accesibilidad, topografía, situación del mercado, tipo de proyecto, entre otros.

En primer lugar, se mostrará el presupuesto por capítulos y a continuación el presupuesto total de ejecución por contrata de la instalación.

1.1 Presupuesto por capítulos

1.1.1 Cableado

Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	140,000	2,04	285,60
			Subtotal materiales:		285,60
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,054	18,13	0,98
	h	Ayudante electricista.	0,054	16,40	0,89
			Subtotal mano de obra:		1,87
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	287,47	5,75
Coste de mantenimiento decenal: 0,20€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		293,22

Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable unipolar 25mm ²	40,000	3,08	123,20
			Subtotal materiales:		123,20
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,054	18,13	0,98
	h	Ayudante electricista.	0,054	16,40	0,89
			Subtotal mano de obra:		1,87
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	125,07	2,50
Coste de mantenimiento decenal: 0,25€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		127,57

Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable unipolar de 50mm ²	135,000	6,28	847,80
			Subtotal materiales:		847,80
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,070	18,13	1,27
	h	Ayudante electricista.	0,070	16,40	1,15
			Subtotal mano de obra:		2,42
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	850,22	17,00
Coste de mantenimiento decenal: 0,44€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		867,22

Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.	50,000	8,38	419,00
			Subtotal materiales:		419,00
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,096	18,13	1,74
	h	Ayudante electricista.	0,096	16,40	1,57
			Subtotal mano de obra:		3,31
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	422,31	8,45
Coste de mantenimiento decenal: 0,60€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		430,76

1.1.2 Protecciones

Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 35 A, poder de corte 100 kA, tamaño 10x38 mm.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 35 A.	3,000	0,75	2,25
			Subtotal materiales:		2,25
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,215	18,13	3,90
			Subtotal mano de obra:		3,90
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	6,15	0,12
Coste de mantenimiento decenal: 0,46€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		6,27

Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 20 A, poder de corte 100 kA, tamaño 10x38 mm.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 20 A.	2,000	0,75	1,50
			Subtotal materiales:		1,50
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,215	18,13	3,90
			Subtotal mano de obra:		3,90
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	5,40	0,11
Coste de mantenimiento decenal: 0,46€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		5,51

Interruptor combinado magnetotérmico-diferencial, de 2 módulos, bipolar (1P+N), intensidad nominal 32 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 10 kA, curva C, clase AC.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Interruptor combinado magnetotérmico-diferencial, de 2 módulos, bipolar (1P+N), intensidad nominal 32 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 10 kA, curva C, clase AC, de 36x80x77,8 mm.	1,000	181,25	181,25
			Subtotal materiales:		181,25
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,269	18,13	4,88
			Subtotal mano de obra:		4,88
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	186,13	3,72
Coste de mantenimiento decenal: 9,49€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		189,85

Toma de tierra con seis picas de acero cobreado de 2,5 m de longitud cada una.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2,5 m de longitud.	6,000	18,00	108,00
	m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	30,000	2,81	84,30
	Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	6,000	1,00	6,00
	Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000	74,00	74,00
	Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000	46,00	46,00
	Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	1,000	3,50	3,50
	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000	1,15	1,15
			Subtotal materiales:		322,95
2		Equipo y maquinaria			
	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,057	36,43	2,08
			Subtotal equipo y maquinaria:		2,08
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,251	18,13	4,55
	h	Ayudante electricista.	0,251	16,40	4,12
	h	Peón ordinario construcción.	0,025	16,16	0,40
			Subtotal mano de obra:		9,07
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	334,10	6,68
Coste de mantenimiento decenal: 4,33€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		340,78

1.1.3 Canalizaciones

Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 25 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Tubo de PVC, serie B, de 25 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	40,000	1,49	59,60
			Subtotal materiales:		59,60
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,050	18,13	0,91
	h	Ayudante electricista.	0,054	16,40	0,89
			Subtotal mano de obra:		1,80
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	61,40	1,23
Coste de mantenimiento decenal: 0,17€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		62,63

Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Tubo de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	85,000	2,41	204,85
			Subtotal materiales:		204,85
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,059	18,13	1,07
	h	Ayudante electricista.	0,054	16,40	0,89
			Subtotal mano de obra:		1,96
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	206,81	4,14
Coste de mantenimiento decenal: 0,22€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		210,95

Suministro e instalación enterrada de canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,056	12,02	0,67
	m	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 15 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	55,000	0,95	52,25
	m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, triángulo de riesgo eléctrico.	1,000	0,25	0,25
			Subtotal materiales:		53,17
2		Equipo y maquinaria			
	h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,007	9,27	0,06
	h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,049	3,50	0,17
	h	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	0,001	40,08	0,04
			Subtotal equipo y maquinaria:		0,27
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª construcción.	0,044	17,54	0,77
	h	Peón ordinario construcción.	0,044	16,16	0,71
	h	Oficial 1ª electricista.	0,027	18,13	0,49
	h	Ayudante electricista.	0,021	16,40	0,34
			Subtotal mano de obra:		2,31
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	55,75	1,12
Coste de mantenimiento decenal: 0,23€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		56,87

1.1.4 Contador

Contador de energía trifásico, para potencias inferiores a 15 kW, homologado por ENDESA, con sistema PLC y PRIME, para legalización de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico según RD900/2015.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Contador de energía trifásico, para instalaciones de potencia contratada menor a 15kW, homologado por ENDESA	1,000	345,00	345,00
			Subtotal materiales:		345,00
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,450	18,13	8,16
			Subtotal mano de obra:		8,16
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	353,16	7,06
Coste de mantenimiento decenal: 0,46€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		360,22

1.1.5 Fotovoltaica

Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia nominal 315 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,37 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,43 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,31 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 8,88 A, eficiencia 16,19%. Fabricante ATERSA.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Módulo solar fotovoltaico ATERSA de células de silicio policristalino, potencia nominal 315 W, 72 células de 156x156 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1965x990x40 mm, carga máxima de viento/ nieve 2400 Pa (130 km/h), peso 22,5 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	39,000	199,87	7794,93
			Subtotal materiales:		7794,93
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	14,079	18,13	255,25
	h	Ayudante instalador de captadores solares.	14,079	16,40	230,90
			Subtotal mano de obra:		486,15
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	8281,08	165,62
Coste de mantenimiento decenal: 48,66€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		8446,70

Inversor SUNNY TRIPOWER 15000TL para conexión a red, potencia máxima de entrada 27000 Wp, voltaje de entrada máximo 1000 V, potencia nominal de salida 15000 W, potencia máxima de salida 15000 VA, eficiencia máxima 98%.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Inversor SUNNY TRIPOWER 15000TL para conexión a red, potencia máxima de entrada 27000 W, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, potencia nominal de salida 15000 W, potencia máxima de salida 15000 VA, eficiencia máxima 98%, rango de voltaje de entrada de 240 a 800 V, dimensiones 661x682x264 mm, con carcasa de aluminio para su instalación en interior o exterior y garantía de 5 años.	1,000	2800,00	2800,00
			Subtotal materiales:		2800,00
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,327	18,13	5,93
	h	Ayudante electricista.	0,327	16,40	5,36
			Subtotal mano de obra:		11,29
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2811,29	56,23
Coste de mantenimiento decenal: 300,23€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		2867,52

Soporte módulos fotovoltaicos K2 Systems, modelo triangle/multiangle 10-45°, de aleación de aluminio 6063 T66, con tornillería y piezas de agarre en acero inoxidable.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Soporte módulos fotovoltaicos K2 Systems, modelo triangle/multiangle 10-45°, de aleación de aluminio 6063 T66, con tornillería y piezas de agarre en acero inoxidable. Garantía de 12 años. Incluye anclaje a la cimentación y unidades de diferentes medidas: 3 unidades de 5,40m y 4 unidades de 6,10m.	1,000	4500,00	4500,00
			Subtotal materiales:		4500,00
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,327	18,13	5,93
	h	Ayudante electricista.	0,327	16,40	5,36
			Subtotal mano de obra:		11,29
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	4511,29	90,23
Coste de mantenimiento decenal: 300,23€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		4601,52

1.1.6 Seguridad y Salud

Cadena de delimitación de zona de peligro con eslabones de polietileno de alta densidad, de 53x21x6 mm de diámetro, color rojo y blanco, sujeta cada 3 m a postes de PVC, de 90 cm de altura y 50 mm de diámetro, color rojo y blanco, con base rellenable.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cadena de delimitación de zona de peligro con eslabones de polietileno de alta densidad, de 53x21x6 mm de diámetro, color rojo y blanco.	7,000	1,60	11,20
	Ud	Poste de PVC, de 90 cm de altura y 50 mm de diámetro, color rojo y blanco, con base rellenable y ganchos de sujeción de cadena de delimitación.	6,000	21,00	126,00
	m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,010	15,51	0,16
			Subtotal materiales:		137,36
2		Mano de obra			
	h	Peón Seguridad y Salud.	0,099	14,25	1,41
			Subtotal mano de obra:		1,41
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	138,77	2,78
			Costes directos (1+2+3):		141,55

Equipos de protección individual necesarios para la instalación, entre los que se incluye: casco aislante eléctrico, mono con capucha de protección en instalaciones de baja tensión, par de guantes para trabajos eléctricos de baja tensión, par de zapatos de seguridad y faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Casco aislante eléctrico hasta una tensión de 1000 V de corriente alterna o de 1500 V de corriente continua, EPI de categoría III, según UNE-EN 50365, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	2,000	11,98	23,96
	Ud	Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 50286 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	2,000	120,28	240,56
	Ud	Par de guantes para trabajos eléctricos de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 420 y UNE-EN 60903, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	2,000	41,56	83,12
	Ud	Par de zapatos de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con resistencia al deslizamiento, aislante, EPI de categoría III, según UNE-EN ISO 20344, UNE-EN 50321 y UNE-EN ISO 20345, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	2,000	175,25	350,50
	Ud	Faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	2,000	19,05	4,76
			Subtotal materiales:		702,90
2		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	702,90	14,06
			Costes directos (1+2):		716,96

Instalaciones provisionales de higiene y bienestar entre las que se incluye un mes de alquiler de aseo portátil de polietileno, un mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra y el transporte de la caseta prefabricada de obra, entrega y recogida.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Mes de alquiler de aseo portátil de polietileno, de 1,20x1,20x2,35 m, color gris, sin conexiones, con inodoro químico anaerobio con sistema de descarga de bomba de pie, espejo, puerta con cerradura y techo translúcido para entrada de luz exterior.	1,000	128,00	128,00
	Ud	Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento en obra de materiales, pequeña maquinaria y herramientas, de 3,43x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm.	1,000	85,76	85,76
	Ud	Transporte de caseta prefabricada de obra, entrega y recogida.	1,000	194,07	194,07
			Subtotal materiales:		407,83
2		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	407,83	8,16
			Costes directos (1+2):		415,99

Señalización provisional de obras. Se incluye un cartel general indicativo de riesgos de PVC, brida de nylon, cinta de señalización de plástico, acero en barra corrugadas de varios diámetros y tapón protector de PVC tipo seta para protección de extremos de armadura					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación.	1,000	10,75	10,75
	Ud	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	6,000	0,03	0,18
	m	Cinta de señalización, de material plástico, de 8 cm de anchura y 0,05 mm de espesor, impresa por ambas caras en franjas de color amarillo y negro.	10,000	0,10	1,00
	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	4,000	0,62	2,48
	Ud	Tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, para protección de los extremos de las armaduras.	4,000	0,08	0,32
			Subtotal materiales:		14,73
2		Mano de obra			
	h	Peón Seguridad y Salud.	0,320	16,16	5,17
			Subtotal mano de obra:		5,17
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	19,90	0,40
			Costes directos (1+2+3):		20,30

1.2 Presupuesto total de ejecución material (PEM)

Material	Presupuesto (€)
Cableado	1723,77
Protecciones	340,78
Canalizaciones	275,89
Contador	360,22
Fotovoltaica	15915,74
Seguridad y Salud	858,51
Instalaciones provisionales de higiene y bienestar	415,99
Señalización provisional de obras	20,3
PRESUPUESTO TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	19911,2

1.3 Presupuesto total de ejecución por contrata

PRESUPUESTO TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	19911,2
Gastos Generales (13%)	2588,46
Beneficio industrial (6%)	1194,67
TOTAL	23694,33
IGIC (7%)	1658,60
PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCION POR CONTRATA	25352,93

El presupuesto total de la obra asciende a un total de VEINTICINCO MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS Y NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.