



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

TUTORES

Silvia Alayón Miranda
Benjamín González Díaz

CURSO

2016 / 2017

Hoja de identificación

Título del proyecto:

Proyecto de instalación eléctrica de baja tensión con energías renovables

Emplazamiento de las instalaciones objeto del proyecto:

Zona de Las Crucitas, término municipal de Garafía, Isla de La Palma (S/C de Tenerife).

Coordenadas → X: 28.779415 Y: -17.944996

Trabajo Fin de Grado:

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna.

TUTORES:

Silvia Alayón Miranda

Benjamín González Díaz

ALUMNO:

Carlos Ruíz Barreto

ÍNDICE GENERAL

- 0. ABSTRACT**
- 1. MEMORIA**
- 2. ANEXOS**
 - 2.1. CÁLCULOS**
 - 2.2. DATOS DE PARTIDA**
 - 2.3. ESTUDIO ECONÓMICO**
 - 2.4. DIALUX**
 - 2.5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**
- 3. PLANOS**
- 4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**
- 5. MEDICIONES**
- 6. PRESUPUESTO**



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

STUDIES: DEGREE IN INDUSTRIAL ELECTRONIC AND
AUTOMATIC ENGINEERING

DIPLOMA WORK

TITLE

LOW VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATION WITH RENEWABLE
ENERGY

STUDENT

Carlos Ruiz Barreto

ABSTRACT

1. Abstract

In this project, the installation of photovoltaic energy isolated from the network is dimensioned, as the solution that best suits the consumption planned for a small house in the rural environment of Garafía, La Palma (Canary Islands, Spain). For this, we've followed the "Pliego de Condiciones Técnicas Aisladas de Red" (Network Isolated Technical Specifications) present in the IDAE, as well as in the "Guía de Contenidos Mínimos de Proyectos de Instalaciones Fotovoltaicas" (Minimum Contents Guide for Photovoltaic Installations Projects) and "Guía de Instalaciones de Energías Renovables" (Renewable Energy Installations Guide), both approved by the "Dirección General de Industria y Energía del Gobierno de Canarias" (General Directorate of Industry and Energy of the Government of the Canary Islands).

First, we need to determine the weather conditions of the site and then, the house consumption. Once known these initial data, we can estimate the average daily irradiation value, which will allow us to proceed with the calculations of the solar generator, meeting the installation requirements. With the selected generator, we would have the starting point to calculate the accumulation system, the controller, the inverter, the wiring and the protection elements. In addition, the same weather data used for site characterization, will serve to establish the ideal support structure for the photovoltaic panels.

To all of the above, a description will be added, in means to help the client understand the adopted solution, placing the network isolated photovoltaic installations within the wide world of renewable energy. Also, after taking measurements and budget estimations, we would proceed to inform if there is any economic profitability or if instead it is unadvisable the material realization of the project.

Finally, a health and safety study, linked to the technical specifications, will ultimately shape the project, which thus will meet all indications specified in the law.



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO.....	7
2. ALCANCE.....	7
3. ANTECEDENTES	8
3.1. Energías renovables.....	8
3.1.1. Energías alternativas – energías renovables	8
3.1.2. Tipos de energías renovables	8
3.1.3. Las energías alternativas y el desarrollo sostenible	9
3.1.4. Ventajas y desventajas del desarrollo sostenible	10
3.1.5. Situación y proyección futura de las energías renovables a nivel mundial	11
3.2. La energía solar fotovoltaica.....	13
3.2.1. La energía solar.....	13
3.2.2. Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.....	14
3.2.3. El efecto fotovoltaico.....	14
3.2.4. La célula solar fotovoltaica.....	15
3.2.5. Funciones de la energía solar fotovoltaica.....	16
3.2.6. Situación actual de la energía solar fotovoltaica.....	17
4. NORMAS Y REFERENCIAS	18
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	18
4.2. Referencias bibliográficas	19
4.3. Referencias de internet.....	19
4.4. Programas de cálculo	19
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	20
5.1. Definiciones	20
5.1.1. Radiación solar	20
5.1.2. Generadores fotovoltaicos	20
5.1.3. Acumuladores de plomo-ácido	20
5.1.4. Reguladores de carga.....	21
5.1.5. Inversores.....	21
5.2. Abreviaturas.....	22

6. ANALISIS DE SOLUCIONES	22
7. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	23
7.1. El sistema solar fotovoltaico	23
7.1.1. Arquitectura	24
7.1.2. Funcionamiento	25
7.2. Descripción técnica del sistema	26
7.2.1. Generador fotovoltaico	26
7.2.2. Regulador de carga	28
7.2.3. Acumulador eléctrico.....	29
7.2.4. Inversor	29
7.2.5. Cableado	30
7.2.6. Protecciones.....	30
7.2.7. Estructura soporte	31
8. PLAN DE MANTENIMIENTO	33
8.1. Aspectos generales	33
8.2. Garantía.....	34
8.2.1. Ámbito general	34
8.2.2. Plazos.....	34
8.2.3. Condiciones económicas	35
8.2.4. Anulación de la garantía	35
8.2.5. Lugar y tiempo de la prestación.....	35
9. PRESUPUESTO.....	36

1. Objeto

El objeto del proyecto que nos ocupa es estudiar, calcular y valorar los elementos eléctricos en baja tensión (B.T.) de una Instalación de Energía Solar Fotovoltaica aislada de la red en una vivienda unifamiliar situada en el municipio de Garafía (La Palma), la cual se encuentra localizada concretamente en la calle El Castillo, en la zona de las Crucitas.

La solución adoptada, dada la localización aislada de la vivienda y dada la lejanía con la red eléctrica, ha sido la de abastecer de energía eléctrica mediante una instalación fotovoltaica, la cual se encontrará orientada completamente al Sur, donde se maximiza la cantidad de energía producida en cada panel.

A la hora de calcular el número de módulos necesarios y su distribución se tendrán en cuenta todas las premisas marcadas por el Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) en materia de pérdidas por sombras, orientación e inclinación.

2. Alcance

El alcance del presente proyecto será el cálculo de los diferentes equipos y materiales que componen la instalación. Partiendo de los datos de una instalación existente, y una estimación de uso, tendremos los siguientes puntos:

- 1) Determinación de las necesidades energéticas diarias de la vivienda.
- 2) Determinación de la posición de los módulos fotovoltaicos sobre la parcela para optimizar la cantidad de energía producida.
- 3) Cálculo del generador solar según la estimación de consumo y la posición de los módulos fotovoltaicos.
- 4) Cálculo de los aspectos eléctricos (secciones de cable, inversor, acumuladores, etc.), junto a las protecciones necesarias para la puesta en funcionamiento de la instalación.
- 5) Análisis de la estructura simple encargada de sustentar los paneles fotovoltaicos. La estructura debe resistir el peso propio de los paneles y las cargas debido al viento.
- 6) Se realizará un Estudio de Seguridad y Salud.
- 7) Estudio de rentabilidad mediante Excel para comprobar el punto de retorno de la inversión inicial.

3. Antecedentes

En primer lugar, se realizará una exposición sobre lo que suponen las energías renovables y el desarrollo sostenible a nivel general, y como parte del presente proyecto, se incidirá de manera más concreta en la energía solar fotovoltaica.

3.1. Las energías renovables

3.1.1. Energías alternativas – energías renovables

Una energía alternativa, o concretamente una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

3.1.2. Tipos de energías renovables

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes.

Entre las no contaminantes, nos encontramos con:

- El Sol: Energía solar.
- El viento: Energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: Energía hidráulica.
- Los mares y océanos: Energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: Energía geotérmica.
- Las olas del mar: Energía undimotriz.
- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: Energía azul.

Las contaminantes se obtienen a partir de materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), o bien, transformarlos mediante procesos de fermentación orgánica, reacciones de transesterificación, etc., en combustibles como el bioetanol, el biogás o el biodiesel.

Las energías de fuentes renovables contaminantes presentan, en parte, el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes, puesto que la combustión no es tan limpia, y se emiten hollines y otras partículas sólidas, aunque se encuadran dentro de las energías renovables porque mientras que puedan cultivarse los vegetales que las producen, no se agotarán.

3.1.3. Las energías alternativas y el desarrollo sostenible

La discusión energía alternativa/convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo XXI. Es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas y como cualquier otro recurso natural, tendrán un límite de explotación.

Por tanto, incluso suponiendo que podamos realizar la transición a éstas nuevas energías de forma gradual y continua, no parece posible continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento continuo. Es por ello que surge el concepto del **desarrollo sostenible**.

El término desarrollo sostenible, formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial del Medio Ambiente, creada por la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983, habla de “*satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*”.

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y el desarrollo económico.

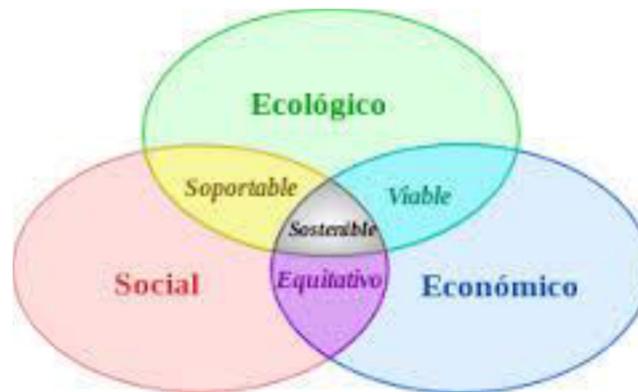


Figura 1. Desarrollo sostenible

El modelo del desarrollo sostenible de la energía eléctrica, se basaría en las siguientes premisas:

- El uso de fuentes de energía renovable, en sustitución de las fuentes fósiles.
- El uso de fuentes limpias, frente a la combustión y la fisión nuclear.
- Fomento del autoconsumo frente a la explotación extensiva; evitar en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
- La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.).
- Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condenar el despilfarro.

3.1.4. Ventajas y desventajas del desarrollo sostenible

Se enuncian a continuación, algunas de las ventajas e inconvenientes que presenta el desarrollo sostenible, en la generación de energía eléctrica:

- Es una fuente de energía inagotable: El Sol, puede abastecer estas fuentes de energía (radiación solar, viento, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años.
- No se producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables.

- Se pueden generar problemas ecológicos particulares y localizados; aerogeneradores peligrosos para las aves, centrales hidroeléctricas que alteran el caudal de los ríos, integración con el paisaje, etc.
- Distribución geográfica y naturaleza difusa (intensidades bajas de energía) de las energías renovables; una instalación fotovoltaica en una vivienda ubicada en la zona nublada de Europa, deberá instalar más metros cuadrados de paneles fotovoltaicos, que otra del sur con el mismo consumo eléctrico.
- Irregularidad en la producción de energía eléctrica sostenible: un consumo permanente en el tiempo, exige medios de almacenamiento (uso de bombas en sistemas hidráulicos, baterías, futuras pilas de combustible de hidrógeno, etc.).
- Gestión de las redes eléctricas: si la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se generalizase, los sistemas de distribución y transformación deberían ser completamente revisados; se debería llevar a cabo una gestión “activa” del sistema, para garantizar el equilibrio local del sistema.

3.1.5. Situación y proyección futura de las energías renovables a nivel mundial

En el siguiente gráfico podemos ver la producción a nivel mundial de energía eléctrica, desglosada según su origen; el carbón sigue siendo la principal fuente de energía, y la hidráulica la más abundante dentro de las renovables.

Se incluye asimismo una proyección del consumo a futuro con la tendencia actual, y otras dos en base a la aplicación de los acuerdos entre países desarrollados del G8, recogidos por la Agencia Internacional de la Energía, denominados escenario ACT, y escenario BLUE.

- ❖ **Escenario ACT**: Este escenario supone que la emisiones de gases de efecto invernadero deben alcanzar su máximo entre el 2020 y el 2030, y a partir de ahí, para el 2050, se debe retroceder a los niveles de emisiones del año 2005.
- ❖ **Escenario BLUE**: Este escenario es más radical; El IPCC ha concluido que deben reducirse las emisiones entre un 50% y un 85% para el 2050, si se quiere frenar el calentamiento global entre 2°C y 2,4°C. Los líderes del G8 acordaron en la Cumbre de Heiligendamm de 2007 considerar seriamente un objetivo global de reducción d las emisiones de CO₂ de un 50%.

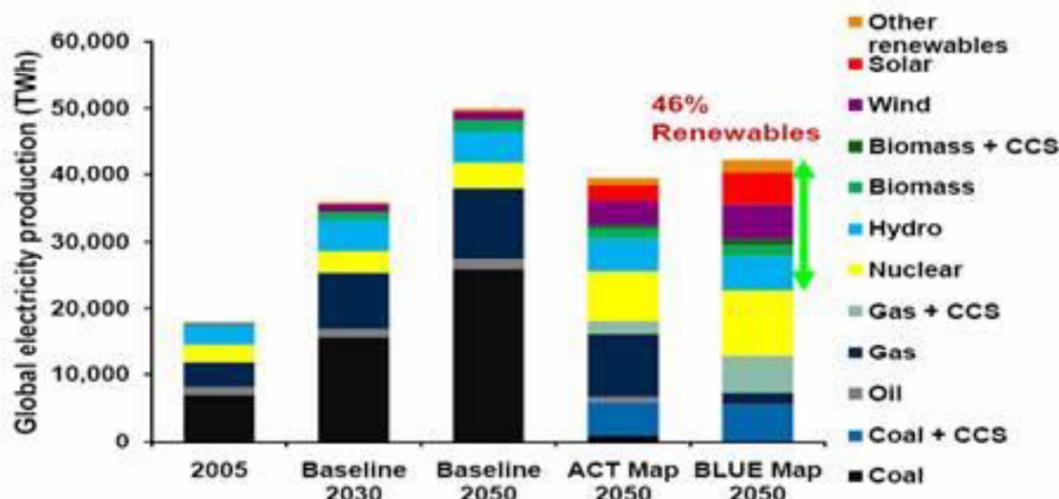


Figura 2. Consumo energético mundial y su proyección para 2050

No obstante, en la actualidad, existe una gran asimetría en la producción de energía eléctrica renovable a nivel mundial; como es natural, varía notablemente de unos países a otros, en función de la riqueza, la situación geográfica, etc.

Los cinco países líderes en capacidad eléctrica renovable instalada total en 2013 fueron los siguientes, en orden de importancia:

- **China:**

Su desarrollo económico requiere de una enorme cantidad de energía, basada en gran medida en combustibles fósiles. Las autoridades chinas son cada vez más conscientes de las consecuencias para el medio ambiente y la salud de sus ciudadanos, e impulsan desde hace varios años el crecimiento de las renovables.

- **Estados Unidos:**

La participación de la generación renovable aumentó en 2013 a casi el 12,9% (12,2% en 2012), a pesar de una caída en la energía hidroeléctrica. La participación de la generación neta de electricidad a partir del carbón ha disminuido casi un 19% durante el periodo 2008-2013.

- **Brasil:**

Además de su enorme potencial en generación hidroeléctrica, Brasil está apostando por otros tipos de renovables. Así, a finales de 2013, tenía más de 10 GW de capacidad energética eólica bajo contrato.

- **Canadá:**

Este país norteamericano es una de las principales potencias mundiales en generación hidroeléctrica, lo que ha llevado a auparle a un cuarto puesto a nivel mundial.

- **Alemania:**

Destaca su crecimiento del uso de renovables en hogares y empresas. La oferta cada vez mayor de nuevos proveedores de energías “verdes” ha contribuido para pasar de 800.000 clientes residenciales en 2006, a 4,9 millones en 2012, el 12,5% de todas las casas privadas del país. Casi la mitad de la capacidad de energía renovable era propiedad ciudadana en 2013.

En cuanto a la situación en España, cabe comentar que, diversas medidas normativas, como la suspensión de las primas, o las dificultades para el autoconsumo energético, han supuesto en la práctica, que el estado español haya perdido parte del liderazgo mundial en el campo de las energías renovables alcanzado hace unos años.

A pesar de ello, nuestro país sigue obteniendo algunos buenos resultados. Si no se incluye la generación hidroeléctrica, España fue junto a Italia el cuarto país a nivel mundial en capacidad de generación renovable a finales de 2013. Asimismo, fue el primer país en producir más electricidad de origen eólico (20,9% del total) que de cualquier otra fuente durante todo el año.

3.2. La energía solar fotovoltaica

3.2.1. La energía solar

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol, que llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas.

Puede aprovecharse directamente, por medio del calor que se produce, así como a través de la absorción de la radiación solar incidente, con dispositivos específicos, como por ejemplo, los recolectores solares, en el caso de la energía solar térmica, utilizada para el suministro de agua caliente sanitaria en viviendas, o los paneles fotovoltaicos, que transforman la energía solar en energía eléctrica.

3.2.2. Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica

La energía solar, es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde. Si bien, los paneles fotovoltaicos, al final de su vida útil, pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable.

Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas); aunque el nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor.

En pequeñas instalaciones domésticas, la energía solar fotovoltaica no requiere ocupar ningún espacio adicional, puede instalarse en tejados y edificios. Aunque si se decide utilizar la energía solar para una parte importante de la población, necesita grandes extensiones de terreno, lo que dificulta que se escoja este tipo de energía.

La única inversión, es el coste inicial de la infraestructura, ya que no utiliza ningún combustible para su funcionamiento, y se puede amortizar a los pocos años de su implantación; además son instalaciones de fácil mantenimiento. No obstante, cuando hablamos de instalaciones de una dimensión media-alta, el elevado coste inicial puede retraer al inversor.

3.2.3. El efecto fotovoltaico

El efecto fotoeléctrico, es el desprendimiento de electrones de ciertos materiales semiconductores por la acción de luz u otra radiación electromagnética (ver figura 3).

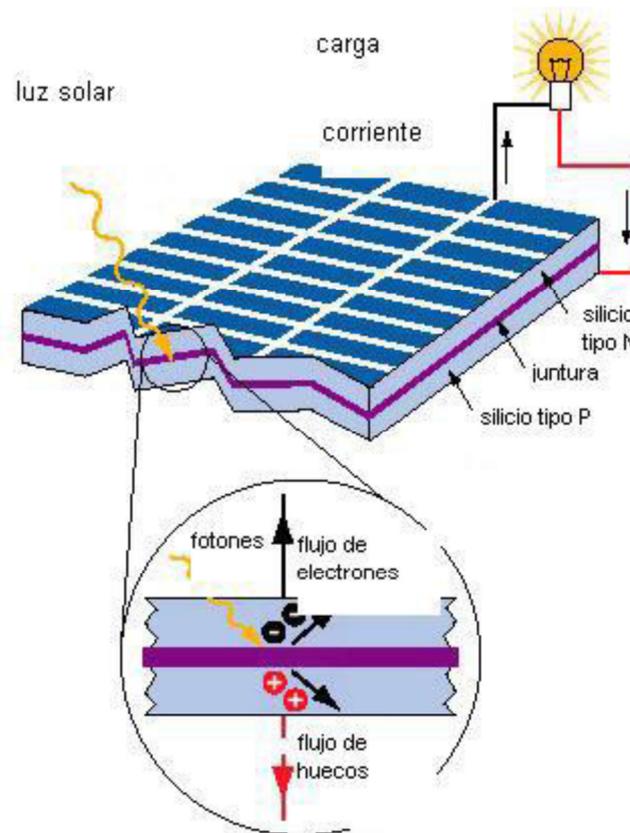


Figura 3. Esquema del efecto fotovoltaico

Dependiendo del semiconductor, se han identificado diferentes efectos fotoeléctricos, como el foto emisor o el foto conductor, aunque el efecto fotoeléctrico más empleado, es el efecto fotovoltaico, que produce, principalmente en células de silicio (aunque existen otros materiales, como el arseniuro de galio), la conversión directa de energía solar en energía eléctrica, sin necesidad de aplicar tensión auxiliar.

Cuando parte de los fotones inciden sobre la célula fotovoltaica, se transfiere a los electrones de la zona “n” del semiconductor la suficiente energía como para saltar ese campo eléctrico y llegar a la zona “p”. Esos electrones sólo podrán volver a su zona de origen, por el circuito exterior al que se conecta la célula, generando una corriente eléctrica continua, proporcional al flujo luminoso que reciben.

3.2.4. La célula solar fotovoltaica

El efecto fotovoltaico, convierte cada célula solar fotovoltaica, en una especie de pila que solo funciona cuando recibe luz solar, ofreciendo una diferencia de tensión de unos 0,5 V,

por lo que, mediante el acoplamiento en serie o paralelo de varias células solares, se obtiene el módulo solar fotovoltaico adaptable a los niveles de tensión y corriente deseados.

La producción de las células solares, es la parte más cara de todo el desarrollo del sistema fotovoltaico. Se fabrican mediante la cristalización del silicio, y podemos encontrar tres tipos principales:

- **Monocristalino:** Son las células fotovoltaicas más usadas en la actualidad, con rendimientos altos en comparación con el resto de tecnologías. Presenta una estructura cristalina completamente ordenada.
- **Policristalino:** Son aquellas obtenidas a partir de procesos que no necesitan un control exhaustivo de la temperatura en la solidificación del material de silicio, ni tampoco un crecimiento controlado de su red cristalina; la solidificación no se hace en un solo cristal sino en múltiples.
- **Amorfo:** La gran ventaja de la utilización del silicio amorfo para la fabricación de células fotovoltaicas radica en el espesor del material a utilizar, ya que puede llegar a ser 50 veces más fino que el equivalente fabricado en silicio monocristalino. Sin embargo, su rendimiento son muy inferiores.

Asimismo, existen células fotovoltaicas fabricadas con elementos alternativos al silicio, como el arseniuro de galio, con un rendimiento teórico cercano al 27%-28%.

Lo que ocurre, es que este material es raro y poco abundante, estando su tecnología poco avanzada y con costes elevados.

3.2.5. Funciones de la energía solar fotovoltaica

Existen, fundamentalmente, dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo, es un sistema de autoabastecimiento eléctrico, utilizado en lugares alejados de la red eléctrica, tales como casas de campo, refugios de montaña, bombeos de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento, sistemas de comunicaciones, etc.

La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico, que produce corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V o 48V).

La energía eléctrica se almacena en baterías para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar.

Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red, consisten en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos para apoyar el consumo doméstico de electricidad, o para inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica.

Este tipo de instalaciones pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1 a 5 kW domésticas, a instalaciones de hasta 100 kW sobre cubiertas de naves o en el suelo, lo que comúnmente se conoce como huertas solares, o incluso, plantas de varios megavatios.

3.2.6. Situación actual de la energía solar fotovoltaica

La Energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos que en materia de generación de energía se presentan y gracias a los mecanismos de fomento de algunos países, que han propiciado un gran incremento de la capacidad global de fabricación, distribución e instalación de esta tecnología.

A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MW, según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MW, un 72%, se localiza en la Unión Europea (Alemania, España e Italia, a cierta distancia); Japón con cerca de 3.622 MW acumulados, y EE.UU. con aproximadamente 2.727 MW representan el 9% y el 6,80% respectivamente, de la potencia total.

En el año 2008 España fue el primer país por potencia instalada, superando a Alemania, que fue el segundo. La potencia instalada en España, no obstante, desde el 2009 no mantiene incrementos tan fuertes debidos al cambio de regulación del sector.

4. Normas y referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

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

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

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 436/2004, de 27 de marzo, sobre producción de energía eléctrica para instalaciones alimentadas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias y sus posteriores modificaciones.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Y las modificaciones que sobre ésta ha producido las leyes 50/1998, 54/2003 y el Real Decreto Legislativo 5/2000.

- Pliego de condiciones técnicas del Instituto para el Desarrollo y el Ahorro Energético, IDAE, para instalaciones aisladas de la red.

4.2. Referencias bibliográficas

- [1] José Roldán Vilorio. Instalaciones solares fotovoltaicas. Paraninfo.
- [3] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

4.3. Referencias de internet

- [1] www.idae.es (Diciembre, 2016)
- [2] www.wikipedia.org (Enero, 2017)
- [3] www.preoc.es (Febrero, 2017)

4.4. Programas de cálculo

- **PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System):

Herramienta “online” que dispone series de datos sobre irradiación en cualquier parte de Europa. Calcula el ángulo óptimo para obtener la máxima radiación solar en cada emplazamiento.

- **EXCEL** de Microsoft Office:

Hoja de cálculo, con la que se ha realizado el tratamiento de los datos para el cálculo de la amortización de la instalación, así como el resto de funciones de cálculo necesarias para el desarrollo del presente proyecto.

5. Definiciones y abreviaturas

5.1. Definiciones

5.1.1. Radiación solar

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

Irradiancia: Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .

Irradiación: Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en kWh/m^2 .

5.1.2. Generadores fotovoltaicos

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

Módulo fotovoltaico: Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

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

Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Condiciones estándar de medida (CEM): Condiciones de irradiancia (1 kW/m^2), de temperatura en la célula solar ($25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), y de distribución espectral (AM 1,5) utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos.

5.1.3. Acumuladores de plomo-ácido

Acumulador: Asociación eléctrica de baterías.

Batería: Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Vaso: Elemento o celda electroquímica básica que forma parte de la batería, y cuya tensión nominal es aproximadamente de 2 V.

Autodescarga: Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20°C.

Capacidad nominal: Por ejemplo C_{20} (Ah), es la cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20°C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 V/vaso.

Capacidad útil: Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida, PD_{max} .

Estado de carga: Cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

Profundidad de descarga (PD): Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.

5.1.4. Reguladores de carga

Regulador de carga: Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.

Voltaje de desconexión de las cargas de consumo: Voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

5.1.5. Inversores

Inversor: Convertidor de corriente continua en corriente alterna.

Potencia nominal (VA): Potencia especificada por el fabricante, y que el inversor es capaz de entregar de forma continua.

Rendimiento del inversor: Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. Depende de la potencia y de la temperatura de la operación.

5.2. Abreviaturas

- V → Voltios.
- W → Vatios.
- A → Amperios.
- Wh → Vatio hora.
- Hz → Hercio.
- CA → Corriente alterna.
- CC → Corriente continua.
- BT → Baja tensión.
- REBT → Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- CGBT → Cuadro general de baja tensión.

6. Análisis de soluciones

La peculiaridad orográfica del municipio donde se haya la vivienda y el grado de aislamiento de ésta, desaconsejaron desde el primer momento cualquier iniciativa conducente a integrar la instalación en la red, principalmente por motivos económicos. Fijado este punto, la alternativa era una instalación aislada de la red, dicha instalación podía constar, o bien de generadores eólicos o bien de generadores solares, o un híbrido en el que empleáramos ambos.

Para calcular la potencia eléctrica producida por un aerogenerador, debemos atender a las características del viento, como pueden ser su velocidad (v) o su densidad (ρ). La energía cinética que será transformada en energía eléctrica viene dada por la expresión:

$$\frac{dEc}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2 \quad [1]$$

Dónde a $\frac{dm}{dt}$ se le conoce como caudal másico, que es equivalente a:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho A v \quad [2]$$

En la expresión anterior, 'A', hace referencia al área barrida por las palas del aerogenerador. Uniendo las dos expresiones anteriores y aplicando el factor μ , que alude a la eficiencia del modelo de hélice, tenemos que la potencia eléctrica viene dada por:

$$P = \mu \frac{dEc}{dt} = \mu \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad [3]$$

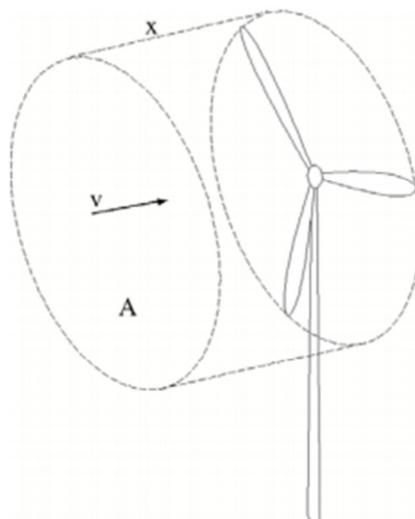


Figura 4. Esquema del área barrida por las palas del generador

A partir de datos meteorológicos extraídos de la misma estación de la que obtuvimos los demás, estimamos el valor mínimo y máximo de la velocidad del viento de la zona en cuestión, hallando también el valor medio en el transcurso de un año. Teniendo en cuenta una densidad media del aire de $\rho = 1.25 \text{ Kg} / \text{m}^3$, acudimos a la página web del Idaho National Laboratory (<https://www.inl.gov>) y accedimos al fichero del fabricante español Acciona, obteniendo un fichero con las curvas de potencia de distintos modelos de aerogenerador, tras realizar una comparativa de precios y de energía producida por uno y otro sistema, llegamos a la conclusión de que es mucho más eficiente por las características meteorológicas de la zona, el emplear sólo energía solar fotovoltaica, desestimando el uso de la eólica.

Por motivos de claridad expositiva y por no alejarnos de la finalidad del presente proyecto, no mostramos los datos recogidos ni los cálculos realizados en lo relativo a la energía eólica, limitándonos a exponer resumidamente los pasos seguidos para desestimar el uso de otro tipo de energía renovable. Los cálculos relativos a la instalación solar fotovoltaica aislada vienen recogidos en el Anexo de Cálculos.

7. Solución adoptada

7.1. El sistema solar fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico, es una de las alternativas más empleadas en la generación de energía para abastecer consumos eléctricos aislados.

En el presente capítulo, se expondrá la arquitectura de un sistema solar fotovoltaico, así como la función que desempeñan cada uno de los componentes de la instalación.

7.1.1. Arquitectura

En la figura adjunta, se muestra el esquema genérico de una instalación solar fotovoltaica aislada:

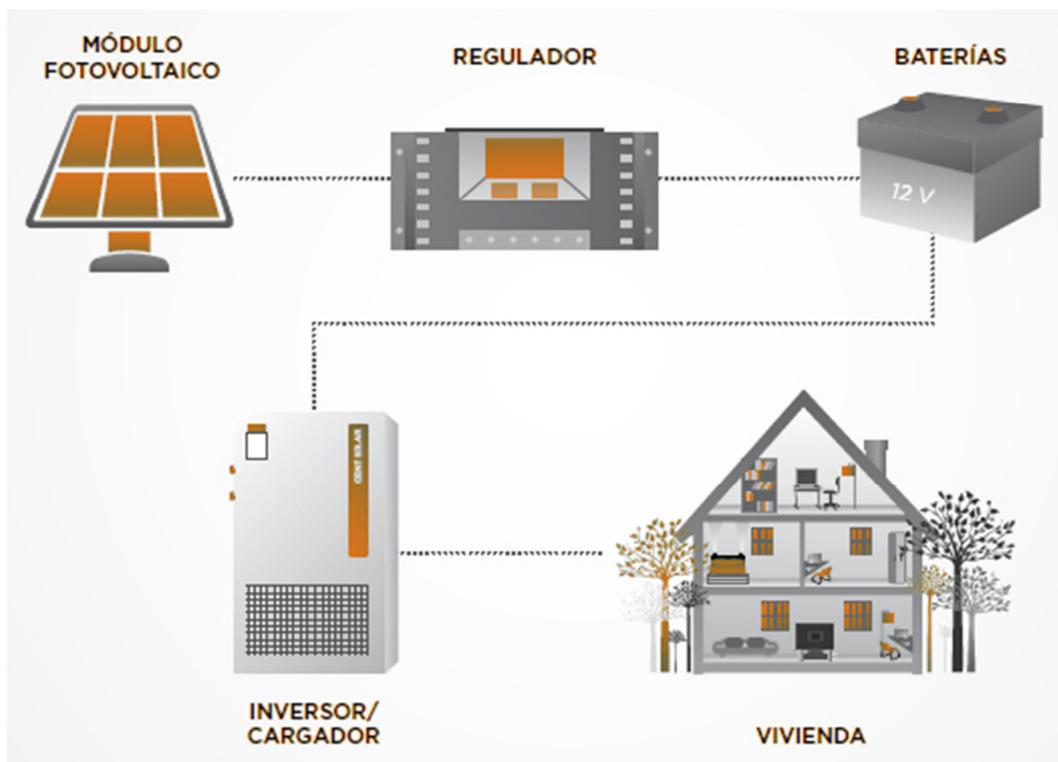


Figura 5. Arquitectura de un sistema solar fotovoltaico, *Energía Solar Levante*

Tal y como se puede observar, la instalación integra una serie de componentes principales, cuya función se describen a continuación:

Generador fotovoltaico:

Lo componen los módulos o paneles fotovoltaicos, que son los encargados de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente continua (CC).

El número de paneles quedará determinado por la potencia que se necesita suministrar, y su disposición y forma de conexionado (en serie o en paralelo), será en función de la tensión nominal de suministro y la intensidad de corriente que se desee generar.

Regulador o controlador de carga:

Es el encargado de controlar la carga de las baterías. Protegen el sistema de acumulación, evitando que se produzcan cargas o descargas excesivas.

Acumuladores o baterías:

El acumulador o batería es un dispositivo capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga.

De esa manera, cuando se emplean baterías en una instalación, permiten el almacenamiento de la energía que se produce en los generadores fotovoltaicos, para suministrar la corriente eléctrica demandada por los receptores de la instalación.

La capacidad de un acumulador se mide en amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga. Si este tiempo es muy corto, la capacidad de la batería disminuye, mientras que si el tiempo de descarga aumenta haciéndose ésta lenta, la capacidad de la batería aumenta.

Estructuras de soporte:

Otro de los elementos importantes de un sistema solar fotovoltaico, son las estructuras de soporte.

La estructura de soporte asegura un buen anclaje, además de la orientación y el ángulo de inclinación idóneos para optimizar al máximo su rendimiento.

Cableado y elementos de protección:

Para que el sistema funcione en condiciones seguras, tanto para garantizar la duración de los equipos, como para prevenir posibles accidentes sobre las personas, la instalación debe realizarse conforme a la legislación vigente (REBT, IDAE, Normas UNE, etc.), utilizando el cableado y los elementos de protección establecidos para ello.

7.1.2. Funcionamiento

Básicamente, el sistema funciona conectando un conjunto de paneles solares fotovoltaicos a un conjunto de baterías, con lo que se asegura el abastecimiento de energía, generada a lo largo del tiempo.

Un sistema de regulación, realizará la función de control de carga de las baterías y el control de los procesos de conexión y desconexión de las cargas alimentadas.

El sistema debe contar con una capacidad de almacenamiento suficiente, para cubrir la demanda nocturna, y los momentos de escasa producción de energía eléctrica, en días nublados.

Para que se produzca la carga del acumulador, se debe generar una tensión ligeramente mayor que su tensión nominal. Es deseable que esta tensión no exceda la tensión de fin de carga del fabricante y de este se encarga el regulador.

La seguridad de suministro y también la vida útil de todo el sistema depende decisivamente de la función de almacenamiento. Para ello el acumulador, debe resistir bien los ciclos de carga y descarga diaria, y tener una buena eficiencia de carga, y una baja autodescarga.

Por otro lado, la parte de la instalación que comprende la generación fotovoltaica, el sistema de regulación descrito, y el acumulador eléctrico, funcionan en corriente continua.

De esa manera, las cargas en continua se alimentan directamente desde las baterías. En caso de que existan consumos en corriente alterna, la corriente del acumulador se transforma en alterna mediante la instalación de un inversor.

La corriente alterna que proporciona el inversor, debe ser lo más sinusoidal posible, con la tensión y frecuencia requerida por la instalación receptora. La potencia del inversor se establecerá en función de la demanda de energía eléctrica simultánea de los consumos.

7.2. Descripción técnica del sistema

Una vez que se ha explicado convenientemente, la composición y funcionamiento del sistema solar fotovoltaico genérico, se realizará a continuación, una descripción técnica detallada de la instalación objeto del presente proyecto, en base a los resultados obtenidos y justificados en el Anexo I – Cálculos Justificativos.

7.2.1. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico se ha dimensionado en consonancia con el consumo estimado de la vivienda rural, para lograr abastecer sus necesidades.

En este sentido se ha optado por un generador fotovoltaico compuesto por ocho módulos (paneles) monocristalinos Atersa A-300P de 300 W de potencia pico, distribuidos en cuatro ramales paralelos con dos módulos por ramal.



Figura 6. Panel Solar Atersa A-300P

Estos paneles están verificados según el fabricante célula a célula, lo que da un grado de confianza muy alto en dichos paneles, además de que la dureza de dichas placas es muy elevada debido a que lo recubre un cristal templado de 4 mm de grosor.

7.2.1.1. Características del módulo solar

Las características eléctricas son las siguientes:

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-290P	A-295P	A-300P
Potencia Nominal (0/+5 W)	290 W	295 W	300 W
Eficiencia del módulo	14,91%	15,16%	15,42%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,07 A	8,14 A	8,21 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	35,93 V	36,23 V	36,52 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,67 A	8,78 A	8,89 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,67 V	44,82 V	44,97 V

Tabla 1. Características del panel A-300P

7.2.1.2. Ubicación y disposición del generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico se colocará sobre la parcela, al lado de la vivienda, y tal y como se ha justificado en el Anexo I – Cálculos, tendrá la siguiente orientación y ángulo de inclinación:

Disposición del generador FV	
Orientación (ψ)	Inclinación (β)
0°	54°

Tabla 2. Orientación e inclinación del generador FV

7.2.2. Regulador de carga

El regulador de carga se ha seleccionado en función de la tensión nominal del sistema (48 V), siendo escogido el regulador SCP-48120 de la marca Leonic.

Estos reguladores son usados para instalaciones de mediana y pequeña potencia en los que no sea necesaria instrumentación adicional.

7.2.2.1. Características del regulador

Wall Mount Model	SCP-4830	SCP-48120	SCP-48240
Rack Mount Model	SCP-4830/RM	SCP-48120/RM	SCP-48240/RM
RATED POWER			
Maximum current	30 A	120 A	240 A
INPUT			
Nominal voltage	48 Vdc		
Maximum voltage	96 Vdc		
Maximum PV power*	1.65 kWp	6.6 kWp	13.2 kWp
OUTPUT (at 25°C)			
Boost charging voltage	52.0 - 60.0 Vdc (default = 60.0 Vdc)		
Float charging voltage	48.0 - 56.0 Vdc (default = 55.2 Vdc)		
Low voltage alarm	40.0 - 48.0 Vdc (default = 47.2 Vdc)		
Low battery voltage disconnected	39.6 - 47.6 Vdc (default = 43.2 Vdc)		
Reconnect voltage	46.0 - 54.0 Vdc (default = 50.0 Vdc)		

Tabla 3. Características regulador SCP-48120

7.2.2.2. Ubicación del regulador

El regulador se ubicará, con el resto de elementos de mando y control de la instalación, en el cuarto eléctrico designado.

7.2.3. Acumulador eléctrico

El acumulador eléctrico adecuado para nuestra instalación, debe ser de plomo-ácido, con 24 vasos de 2 V conectados en serie (la tensión de trabajo es de 48 V).

Con dichas premisas, se opta por el acumulador TLS 5 de la marca Hawker, con 2V por vaso y una capacidad de 270 Ah (C_{10}), obtenida para una temperatura de 25°C.

7.2.3.1. Características del acumulador

TECHNICAL CHARACTERISTICS PER CELL							
TYPE	Number of terminals	Capacity in Ah			Dimensions in mm		
		T° 25°C			Length (l)	Width (l)	Height
		10 h (1.80V)	120 h (1.85V)	240 h (1.85V)			
TLS 3	2	180	245	256	103	206	389
TLS 4	2	220	300	313	103	206	389
TLS 5	2	270	367	383	124	206	389
TLS 6	2	323	440	460	145	206	389

Tabla 4. Características Célula de batería Hawker TLS 5

7.2.3.2. Ubicación del acumulador

El acumulador se ubicará, con el resto de elementos de mando y control de la instalación, en el cuarto eléctrico designado.

7.2.4. Inversor

De acuerdo a la estimación de la demanda efectuada, será suficiente con un inversor de 3000 W para transformar la corriente continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos en la corriente alterna necesaria para cubrir estas necesidades.

El inversor propuesto para la instalación es el Phoenix 48/3000 de la marca Victron Energy.

Dicho elemento cuenta con ventilación forzada para evitar sobrecalentamiento y daños ocasionados por este tipo de fallo. Esta ventilación forzada permite el uso del inversor durante un periodo de tiempo prolongado y aumenta la vida útil del aparato. Al ser un equipo de onda senoidal, permite su utilización sin las limitaciones y problemas de acoplamiento con las cargas e interferencias que presentan los no senoidales.

7.2.4.1. Características del inversor

Inversor Phoenix	12/3000 24/3000 48/3000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	
Rango de tensión de entrada (VDC)	9,5-17V 19-33V 38-66V
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	3000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	2500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	2200
Pico de potencia (W)	6000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	93 / 94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	15 / 15 / 16
Consumo en vacío en modo AES (W)	10 / 10 / 12
Consumo en vacío modo Search (W)	4 / 5 / 5

Tabla 5. Características Inversor Phoenix 48/3000

7.2.4.2. Ubicación del inversor

El inversor se ubicará, con el resto de elementos de mando y control de la instalación, en el cuarto eléctrico designado.

7.2.5. **Cableado**

El cableado usado en la instalación fotovoltaica tendrá la sección que se ha calculado en el Anexo I – Cálculos Justificativos, en el que se comprobará que los conductores seleccionados cumplen las especificaciones de caída de tensión, calentamiento, cortocircuitos y pérdida de potencia. Este tipo de conductor tendrá una tensión asignada de 0.6/1kV como se indica en la ITC-BT-20. Por tanto, cumpliendo con esa premisa, el cable seleccionado tendrá esa tensión asignada y será del tipo RV-K.

7.2.6. **Protecciones**

En cuanto a protecciones, se instalarán fusibles que eviten las sobreintensidades en cada fila de módulos fotovoltaicos, por lo que se instalarán fusibles de 12 A, así como entre el regulador y las baterías, siendo este de 63 A.

Se ha propuesto la colocación de un seccionador a la salida del grupo solar, seleccionándose el Sentron de la marca Siemens, para 63 A.

Finalmente, entre el inversor y el Cuadro de Protección y Medida (CPM), aunque no es obligatorio, se ha decidido por la instalación tanto de un Interruptor Automático, que actuará como máximo al 130% de la potencia nominal, así como de un Interruptor Diferencial con una sensibilidad de 30 mA.

7.2.7. Estructura soporte

7.2.7.1. *Aspectos generales*

La estructura soporte de las placas solares deberá de resistir los esfuerzos a los que se ven sometidos debido a la acción del viento, cumpliendo con lo indicado en las Normas Técnicas de la Edificación (NTE).

Los 8 módulos se colocarán en individualmente, cada uno en su propia estructura. Se propone que dicha estructura sea la Triangle System, de 2K SYSTEMS.



Figura 7. Estructura soporte Triangle System

Technical data	
Field of application	Flat and sloped roofs
Roofing	Suitable for virtually all types
PV modules	Suitable for all standard module types
Module orientation	Vertical / horizontal (with cross bracing)
Material	Aluminium (EN AW-6063 T66)
Connecting elements	Stainless steel screws A2-70, aluminium
Roof connection	Screw connection, clamping, ballasting
Static principles	Calculation principles in accordance with Eurocode 9 - dimensioning and construction of aluminium structures
Load assumption in accordance with	DIN EN 1991 (Eurocode 1)
System components	Pre-assembled triangle, mid and end clamp sets, SolidRail range, PE panel, T-Bolt, M K2, K2 Hexagon flange nut with serration,



Tabla 6. Características de la estructura de soporte

7.2.7.2. Situación de las estructuras soporte

Los módulos se colocarán sobre las estructuras de aluminio en un terreno adyacente, acondicionado para este uso.

La orientación será hacia el sur y con una inclinación de 54°, para cumplir con los requisitos de máxima energía según el dimensionado para el mes crítico de radiación.

Los paneles una vez montados sobre las estructuras soporte, tal y como aparece en los planos, no será necesario el estudio de pérdidas por sombras de objetos o elementos constructivos que se encuentren en las proximidades del campo fotovoltaico, y que el horizonte de la trayectoria solar se encuentra despejado de obstáculos capaces de proyectar sombra.

7.2.7.3. Zapatas

Para asegurar una buena fijación al suelo de las estructuras de aluminio, es necesario un buen dimensionado de las zapatas, las cuales se encargarán de mantener bien ancladas dichas estructuras.

Para el cálculo de estas zapatas, se deben de tener en cuenta unos datos iniciales como la velocidad del viento en la zona, la densidad del hormigón, etc.

En la zona de las Crucitas, en Garafía, las condiciones son las siguientes:

- Velocidad del viento: 140 km/h (978 N/m²)
- Superficie de cada módulo: 1.94535 m²

- Inclinación: 54°
- Densidad del hormigón: 2400 kg/m³

Las zapatas necesarias para la sujeción de cada una de estas estructuras deben de tener, como mínimo, un volumen de 0,05 m³.

Las dimensiones de la zapata para cada una de las estructuras de soporte es de:

- Largo x ancho x alto: 1 x 0,25 x 0,25

8. Plan de mantenimiento

8.1. Aspectos generales

La realización del plan de mantenimiento se realizará según lo indicado en el Pliego de Condiciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía), y según lo expuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Una vez realizada la instalación, se debe de llegar a un acuerdo de contrato para el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de todos los elementos de la instalación.

Es preferible que este contrato de mantenimiento se realice con la misma empresa instaladora que ha realizado el proyecto.

En estos aspectos generales podemos diferenciar dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

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

El mantenimiento correctivo es aquel que engloba todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el buen funcionamiento del sistema durante su vida útil.

Todas las actividades referidas al mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, deben de realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de una empresa instaladora.

Todas las operaciones de mantenimiento, deben estar registradas en un libro de mantenimiento.

8.2. Garantía

8.2.1. Ámbito general

Según lo indicado por el Pliego de Condiciones del IDAE en su punto 7.3, se realizará este punto de garantía.

Así pues, sin perjuicio de una 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 el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

8.2.2. Plazos

Se garantizará el buen funcionamiento de la instalación durante 3 años para todos los materiales utilizados y para el montaje.

Con respecto de la garantía de los módulos solares, ATERSA da una garantía de los mismos de 10 años. Pero con respecto a su potencia son 10 años de garantía funcionando al 90% y 25 año de garantía al 80%.

Si hubiera que interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

8.2.3. Condiciones económicas

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación, podrá, 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 danos y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

8.2.4. Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque solo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

8.2.5. Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicara fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicara fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararan 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 cargo del suministrador.

El suministrador realizara las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizara de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

9. Presupuesto

La obra proyectada tiene el siguiente presupuesto:

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	Estructura.....	2.580,35	22,52
C02	Instalación solar fotovoltaica.....	7.580,03	66,15
C03	Seguridad y salud.....	1.298,30	11,33
	Total Ejecución Material	11.458,68	
	13,00% Gastos generales.....	1.489,63	
	6,00% Beneficio industrial.....	687,52	
	Suma de G.G. y B.I.	2.177,15	
	Subtotal	13.635,83	
	7,00% I.G.I.C.....	954,51	
	Total Presupuesto Contrata	14.590,34	
	Total Presupuesto General	14.590,34	

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.- **14.590,34 Euros.**

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de **CATORCE MIL QUINIENTOS NOVENTA EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

ANEXO I – CÁLCULOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. DATOS METEOROLÓGICOS	6
3. ESTIMACIÓN DE CONSUMO	7
4. POSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	10
5. CÁLCULO DEL GENERADOR SOLAR.....	15
6. CÁLCULO DEL ACUMULADOR.....	19
7. DIMENSIONADO DEL REGULADOR	22
8. DIMENSIONADO DEL INVERSOR	24
9. DIMENSIONADO DEL CABLEADO Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	25
10. SOPORTES DE LA INSTALACIÓN	38

1. Introducción

En el presente anexo de cálculo, se procederá a dimensionar la instalación generadora fotovoltaica, es decir, a calcular y determinar de forma óptima los elementos que componen la instalación (grupo generador, acumulador, regulador, inversor, estructuras de soporte, etc). El objetivo es conseguir un suministro de energía en consonancia a la demanda, en este caso, el consumo de una pequeña vivienda rural.

Para lograr nuestra meta, nos ha parecido razonable dimensionar la instalación en base al mes crítico, es decir, aquel mes en el cual la irradiación solar media diaria es la más baja de todo el año. De esta manera, aseguramos el abastecimiento energético para el resto de meses del año, en los que la irradiación será mayor. De lo anteriormente enunciado, se desprende, que hemos dado mayor importancia a garantizar el suministro energético que a maximizar la captación energética. En el caso de querer maximizar la captación energética, probablemente deberíamos instalar algún sistema de sensores y actuadores que dispusieran las placas solares en la posición e inclinación óptima en función del momento del día y la estación del año, redundando en mayor complejidad de cálculos y aumento de costes en la instalación y mantenimiento, que no se verían amortizados por la obtención de la energía extra, pues la instalación es aislada y no conectada a red, desechando la posibilidad de inyectar esta energía extra en la red y obtener bonificaciones.

También creemos necesario mencionar aquí, la elección de corriente alterna para trabajar. Conociendo alguno de sus inconvenientes, como puede ser el coste adicional de los inversores, las pérdidas de energía ocasionadas por éstos (debido a que su rendimiento nunca es del 100%), el hecho de que son un elemento más que puede sufrir averías e interrumpir el servicio o la necesidad de ajustar el factor de potencia de los receptores a la unidad (para no sufrir pérdidas de potencia activa), no debemos subestimar sus ventajas: sobre todo la gran cantidad de equipos y aparatos que emplean corriente alterna, la mayor disponibilidad de elementos de protección, enchufes, interruptores, etc, las pérdidas menores en cableado, los conductores de menor sección necesarios para la instalación, la mayor facilidad para adaptar el valor eficaz de tensión de señales de corriente alterna empleando transformadores, la posibilidad de prescindir de los convertidores CC/CC y una gran cantidad de factores adicionales.

La redacción de esta memoria tendrá en cuenta el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red publicado por el IDAE, el apartado Memoria de Cálculo de la Guía de contenidos mínimos de Proyectos de Instalaciones Fotovoltaicas aprobado por la Dirección General de Industria y Energía del Gobierno de Canarias y la Guía de Instalaciones de Energías Renovables aprobada por el mismo.

2. Datos meteorológicos

Emplearemos datos obtenidos de la estación meteorológica de Garafía, en concreto las Tricias (Código C147U), a una altura de 787 metros, cuyas coordenadas son: latitud 28° 46' 54", longitud 17° 57' 59", y también, datos procedentes del software disponible en la red como el Atmospheric Science Data Center de la NASA y el Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) del Joint Research Centre Institute for Energy and Transport.

Los datos de insolación medios (horas de sol por mes) han sido recogidos en el periodo comprendido entre 1983 y 2012.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
170.0	179.0	218.2	224.8	259.5	276.2	335.5	315.7	239.5	195.3	167.7	159.8	2741.1

Tabla 1. Datos de insolación media mensual en horas

Los datos de precipitaciones medios (litros/m² por mes) han sido recogidos en el periodo comprendido entre 1935 y 2010.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
101.8	77.9	71.4	40.6	12.0	3.6	0.5	1.0	10.6	68.8	115.7	101.7	605.7

Tabla 2. Datos de precipitaciones medias mensuales en litros por metro cuadrado

La temperatura mínima registrada en el periodo que va desde 1983 hasta 2012 es de 3.9°C, la temperatura máxima es de 42.3°C. A continuación se muestra una tabla para la que previamente hemos calculado la temperatura media diaria para cada mes del anterior periodo y la temperatura media diaria mensual para el conjunto de meses.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
12.6	12.5	13.9	14	15.8	18.5	22.0	22.3	20.5	18.3	16	13.5	16.7

Tabla 3. Datos de temperaturas medias en grados centígrados

Datos de porcentaje mensual de días nublados, calculados como la media de los distintos meses durante 22 años.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
36.8	35.7	40.8	44.3	40.7	23.3	12.4	11.0	18.7	25.0	32.6	33.0	29.5

Tabla 4. Datos de porcentajes de días nublados por mes

Datos sobre la cantidad de días de media sin sol, por mes, para un periodo de 22 años.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
5.09	2.71	2.47	3.14	4.26	3.41	2.06	1.61	2.12	4.87	3.66	5.34	3.39

Tabla 5. Datos de días de media sin sol por mes

Datos de la insolación media incidente sobre una superficie horizontal, expresada en Kwh/m²xdía, para un periodo de 22 años.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Total
3.41	4.54	5.63	6.59	6.84	7.46	7.51	7.11	6.06	4.96	3.60	3.13	5.57

Tabla 6. Datos de insolación media diaria por mes en Kwh/m²xdía

3. Estimación del consumo

Para estimar el consumo diario de las cargas será necesario hacer una sumatoria de potencias de las cargas en corriente continua y alterna. Si las cargas en corriente continua trabajan a una tensión diferente a la nominal de la instalación, será necesario introducir convertidores con las consecuentes pérdidas debidas a que el rendimiento no es del 100%.

La expresión mediante la cual determinamos el consumo medio diario (P_{md}) es:

$$P_{md} = \frac{P_{md,cc} + \frac{P_{md,cc1}}{\mu_{cv}} + \frac{P_{md,ca}}{\mu_{inv}}}{\mu_{bat} * \mu_{conv}} \quad [1]$$

Donde $P_{md,cc}$ es el consumo medio diario en corriente continua a la tensión nominal, en W*h y viene dado por:

$$P_{md,cc} = \sum(P_{cci} * t_i) \quad [2]$$

Siendo $P_{cc,i}$ la potencia de la carga i , en W y t_i el tiempo de funcionamiento diario de la carga i , en horas.

Tenemos que $P_{md,cc1}$ es el consumo medio diario en corriente continua de las cargas a una tensión distinta a la nominal, en W*h, viene dado por:

$$p_{md,cc1} = \sum(P_{cc1,i} \times t_i) \quad [3]$$

Siendo $P_{cc1,i}$ la potencia de la carga i , en W a la tensión 1, que es distinta a la nominal, y t_i el tiempo de funcionamiento diario de la carga i , en horas.

Por último, $P_{md,ca}$ es el consumo medio diario de las cargas alimentadas en corriente alterna, y se obtiene como:

$$P_{md,ca} = \sum(P_{ca,i} \times t_i) \quad [4]$$

Con $P_{ca,i}$ que es la potencia de la carga i , en tensión alterna, en W y t_i el tiempo de funcionamiento diario de la carga i , en horas.

Para finalizar, aclaramos que μ_{cv} (se suele fijar en 0.9) es el rendimiento del convertor CC/CA, μ_{inv} (generalmente 0.9) es el rendimiento del inversor, μ_{bat} (aproximadamente 0.85) es el rendimiento de la batería y μ_c (0.98) es el rendimiento de los conductores que simboliza las pérdidas por efecto Joule.

En nuestro caso, como ya hemos comentado, solo trabajaremos en corriente alterna.

Tras emplear el software DIALux evo, cuyos datos emplazamos en el Anexo IV – DIALux, hemos obtenido que para iluminar correctamente la vivienda, necesitamos la siguiente potencia:

LOCAL	UNIDADES	POTENCIA	TOTAL
1	8	22.0	176.0
2	5	22.0	110.0
3	1	42.5	42.5

Tabla 7. Datos potencia iluminación en W

En total necesitamos 328.5 W para la iluminación de la vivienda.

Así la instalación dispondrá de las siguientes cargas:

CARGA	POTENCIA (W)	HORAS/DÍA	TOTAL
Lámparas	328.5	3	985.5
Lavadora	1500	1	1500
Vitrocerámica	900	1	900
Televisor	87	2	174
Frigorífico	250	2	500
Otros usos	100	2	200

Tabla 8. Resumen de potencias consumidas en W*h/días

Si empleamos la ecuación anterior tenemos:

$$P_{md,ca} = 328.5 \times 3 + 1500 \times 1 + 900 \times 1 + 87 \times 2 + 250 \times 2 + 100 \times 2 = 4259.5 \text{ Wh/día} \quad [5]$$

La potencia media diaria consumida será:

$$P_{md} = \frac{\frac{4259.5}{0.9}}{0.85 \times 0.98} = 5681.60 \text{ Wh/día} \quad [6]$$

Después de realizar un estudio se comprueba que el perfil diario de consumo sigue el patrón de la figura:

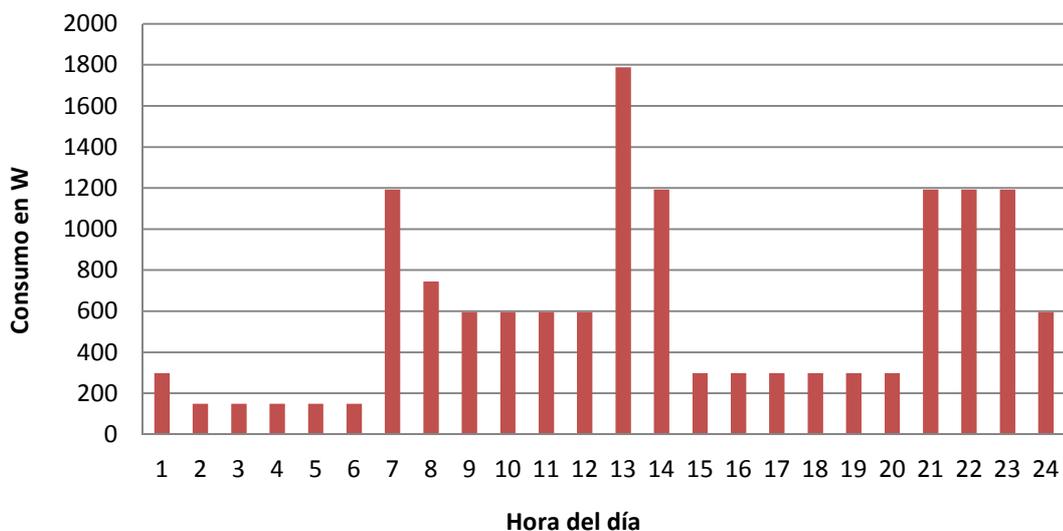


Figura 1. Perfil diario de consumo en W

Comprobamos que el perfil de consumo semanal, se mantiene prácticamente constante a lo largo de todos los días de la semana, a 5681.60 Wh diarios, por lo que no creemos necesario representar un gráfico con dicho contenido. El perfil de consumo anual, referenciado a los meses, también es constante, con variaciones despreciables entre mes y mes.

El consumo total anual, será:

$$P_t = 5681.60 \times 365 = 2073786.181Wh \quad [7]$$

4. Posición de los módulos fotovoltaicos

Para evitar en la medida de lo posible pérdidas derivadas de la posición de los módulos, debemos tener en cuenta principalmente tres factores: el azimut, la inclinación y la presencia de objetos próximos al módulo fotovoltaico que pudieran ocasionar sombras en éste.

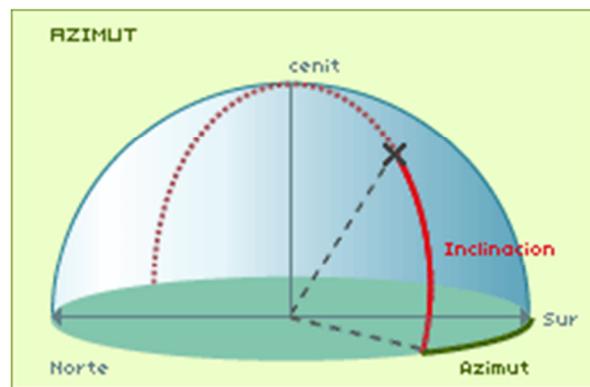


Figura 2. Azimut e inclinación

La inclinación será el ángulo que forma la superficie del panel con el plano horizontal, mientras que el azimut será el ángulo que forma la proyección de la normal a la superficie de la placa fotovoltaica con la horizontal y el meridiano que marque el punto cardinal sur.

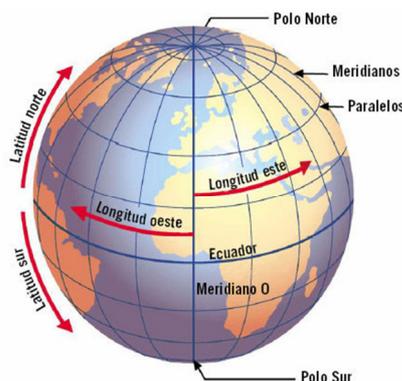


Figura 3. Longitud y latitud, meridianos y paralelos

En general, para reducir las pérdidas a un mínimo, lo mejor es que el azimut sea de cero grados, es decir, que las placas fotovoltaicas estén orientadas hacia el sur. El ángulo de azimut suele representarse por la letra griega α , mientras que la inclinación se representa por β . Según la IDAE, para una $\alpha = 0^\circ$, la inclinación óptima viene dada por la siguiente tabla:

<i>Periodo de diseño</i>	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Tabla 9. Inclinación óptima y valor de K

En la Tabla 9, comprobamos que la inclinación óptima se obtiene en función de la latitud (ϕ) y el periodo escogido para realizar los cálculos. En nuestro caso, como el consumo anual es constante, hemos aplicado el criterio del mes crítico y consultando la Tabla 6, este mes es Diciembre con 3.13 kWh/m²xdía, el menor valor de todo el año.

Por lo tanto, conociendo la latitud de nuestro emplazamiento $\phi = 28^\circ 46' 45''$, concluimos que la inclinación óptima es de $38^\circ 46' 45''$. Sin embargo, hemos preferido tomar como valor de la inclinación el obtenido por la Tabla 10, por considerarlo más preciso que la aproximación matemática de la Tabla 9.

Lat: 28° 46' Long: 17° 57'	DICIEMBRE
0°	3.07
13°	3.70
28°	4.24
43°	4.55
54°	4.61
90°	3.87

Tabla 10. Radiación incidente en Kwh/m²xdía en función de la inclinación

A la luz de los datos de la Tabla 10 podemos inferir que la inclinación óptima es $\beta_{\text{opt}} = 54^\circ$.

Para evitar las sombras se aplica la siguiente ecuación:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \phi)} \quad [8]$$

Donde d es la distancia entre módulos o del módulo al objeto que produce la sombra, h la altura del objeto o módulo fotovoltaico que es susceptible de producir sombra y $1/\tan(61^\circ - \phi)$ es un coeficiente, sin unidades, llamado K y que mencionamos en la Tabla 9.

Conocemos que prácticamente ningún módulo suele poseer más de 2 m de altura, como no existen problemas de espacio, pues la parcela destinada a albergar los paneles es bastante amplia, situamos los paneles bastante alejados de cualquier edificio que pudiera producir sombra y a efectos de calcular la distancia entre ellos, supondremos que miden 2 m de altura, dicho esto, tenemos:

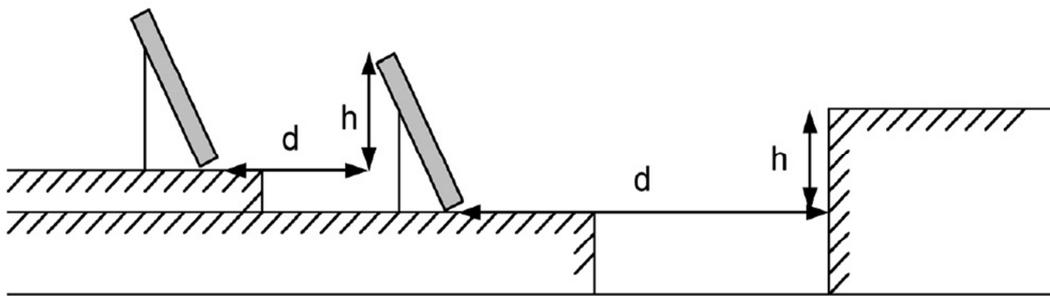


Figura 4. Distancias para evitar sombras

$$\sin(54) = \frac{h}{2} \quad [9]$$

$$d = \frac{1.618}{\tan(61^\circ - 28.5^\circ)} = 2.539m \quad [10]$$

Con los valores anteriores eliminamos las pérdidas debidas al posicionamiento de los módulos fotovoltaicos.

En caso de haber elegido la opción de colocar los paneles sobre cubierta, y no poder disponer los paneles con un ángulo de azimut o de inclinación óptimos, deberíamos realizar un cálculo sobre las pérdidas que sufre la instalación por orientación e inclinación. Existen dos factores principales que nos informan sobre las pérdidas: el factor de irradiación (FI) y el factor de sombreado (FS).

El factor de irradiación es la radiación solar real que se obtendrá al eliminar las pérdidas por atenuación de irradiación (A_i), que es debida a la orientación e inclinación distintas de la óptima. Su cálculo se realiza en función del valor de inclinación β :

- Si $15^\circ < \beta < 90^\circ$, entonces:

$$A_i = 1.2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \times 10^{-5} \times \alpha^2 \quad [11]$$

- Si $\beta < 15^\circ$, entonces:

$$A_i = 1.2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{opt})^2 \quad [12]$$

Una vez calculado A_i , podemos obtener FI, mediante:

$$FI = 1 - A_i \quad [13]$$

Para calcular el factor de sombreado, en primer lugar hay que calcular las pérdidas por sombras, para ello, se marcan los puntos donde se recibe la sombra, junto a su azimut e inclinación, en esta tarea se suele emplear un teodolito. Una vez obtenido el perfil de obstáculos, éste se representa en el diagrama de trayectoria solar (Figura 5). En función de las áreas del diagrama que queden en el interior del perfil de obstáculos, obtendremos una serie de letras con su número. A partir de la letra, el número y los valores de inclinación y azimut, acudimos a las Tablas de pérdidas de radiación (Tabla 11) que nos muestra una serie de valores, sumando todos los valores obtenidos de las tablas obtendremos las pérdidas por sombras, como un porcentaje. Éste valor es A_s y el factor de sombreado se puede calcular como:

$$FS = 1 - A_s \quad [14]$$

Pueden emplearse diversos softwares para el cálculo de sombreado, entre ellos CTE-SOLAR_sombras. Una descripción más detallada del proceso de cálculo puede hallarse en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, o en el Código Técnico de la Edificación (CTE), en uno de sus Documentos Básicos HE, en concreto HE 5 (Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica).

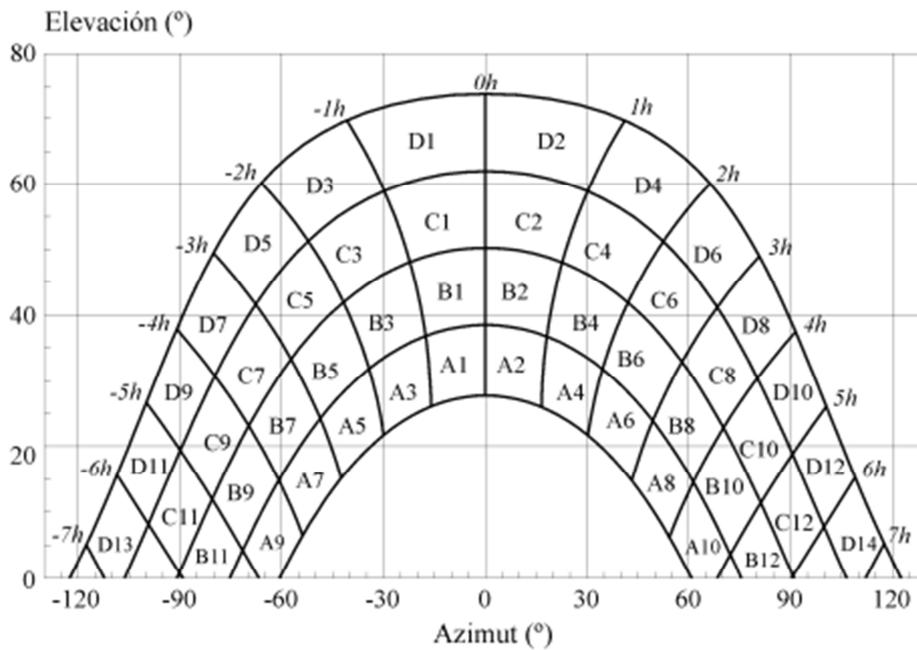


Figura 5. Diagrama de trayectoria del Sol

Tabla 5-E

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,15	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

Tabla 11. Ejemplo Tablas de pérdidas de radiación

Una vez obtenido FI y FS, y hallando K con la fórmula de la Tabla 9, estamos en disposición de hallar el valor de la irradiación diaria sobre el generador descontadas las pérdidas ($G_{dm}(\alpha, \beta)$):

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G(0) \times K \times FI \times FS \quad [15]$$

5. Cálculo del generador solar

El dimensionado mínimo del generador, responde a la ecuación:

$$P_{mp,min} = \frac{P_{md} \times G_{cem}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \times PR} \quad [16]$$

Como ya sabemos $P_m = 5681.60 \text{ Wh/día}$ y $G_{dm}(\alpha, \beta) = 4.61 \text{ KWh/m}^2\text{xdía}$. Luego, tenemos G_{cem} , que es el valor de irradiancia estándar, 1 KW/m^2 y PR que es el rendimiento energético o Performance Ratio, que contempla pérdidas debidas a la suciedad de los paneles, la temperatura, el cableado, la dispersión de parámetros, etc. En general, $PR = 0.7$ en sistemas con inversor y de 0.6 en sistemas con inversor y batería. Dicho esto, procedemos a calcular el dimensionado mínimo de nuestro generador:

$$P_{mp,min} = \frac{5681.60 \times 1000}{4610 \times 0.6} = 2054.08 \text{ Wp} \quad [17]$$

El generador solar real (P_{mp}) como máximo será un 20% superior al generador mínimo ($P_{mp,min}$). De tal modo que:

$$P_{mp} = 1.2 \times 2054.08 = 2464.9 \text{ Wp} \quad [18]$$

Así que podremos disponer tantos paneles como creamos necesarios mientras superemos los 2054.08 Wp y no sobrepasemos los 2464.9 Wp .

En general, siguiendo las recomendaciones del IDAE, la tensión que le llega al regulador, debería ser de 24 V a 48 V , como podemos apreciar en la Tabla 12.

POTENCIA	TENSIÓN
Potencia < 800 Wp	12 V
800 Wp < Potencia < 1600 Wp	24 V
1600 Wp < Potencia < 3200 Wp	24 V, 48 V
3200 Wp < Potencia < 6400 Wp	48 V, 120 V

Tabla 12. Referencias de elección en función de la potencia del campo solar

Escogemos el panel fotovoltaico de 300 W a 24 V , policristalino, de la marca ATERSA, en concreto el modelo A-300P. Nuestra elección es debida a su gran relación calidad/precio, su idoneidad para instalaciones aisladas, similares a la nuestra, el ser elaborado por la empresa

ATERSA cuya fábrica está en Valencia, generando empleo a nivel nacional y su reconocida calidad y servicio técnico postventa. A continuación mostramos imagen y características.



Figura 6. Imagen del panel solar

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-290P	A-295P	A-300P
Potencia Nominal (0/+5 W)	290 W	295 W	300 W
Eficiencia del módulo	14,91%	15,16%	15,42%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,07 A	8,14 A	8,21 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	35,93 V	36,23 V	36,52 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,67 A	8,78 A	8,89 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,67 V	44,82 V	44,97 V

Tabla 13. Características panel A-300P

En nuestro caso concreto, siguiendo las indicaciones de la Tabla 12, emplearemos la tensión de 48 V.

Para dimensionar el generador fotovoltaico, una de las formas de realizar los cálculos tiene en cuenta si el regulador de carga dispone de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) o no.

- Con seguimiento del punto de máxima potencia.

En este caso, el número de módulos fotovoltaicos depende de la energía media diaria necesaria en el mes crítico (L_{mdc}) y la energía media diaria suministrada por un sólo módulo

en el mes crítico (E_{dmf}).

$$N_t = \frac{L_{mdc} \times n_c}{E_{dmf} \times n_f} \quad [19]$$

Donde n_c es el número de días que existe consumo, n_f el número de días que existe producción y donde la energía media diaria suministrada por un sólo módulo en el mes crítico (E_{dmf}) se calcula como:

$$E_{dmf} = P_{m, stc} \times HSP \times PR \quad [20]$$

De la anterior expresión informamos que $P_{m, stc}$ es la potencia máxima que suministra el modulo en condiciones estándar de medida y HSP son las horas solar pico diarias en el mes crítico que se hallan dividiendo la irradiación solar diaria en el mes crítico en Kwh/m² entre 1000 W/m².

El número de módulos que se conectan en serie N_s es el cociente entre la tensión de trabajo de la instalación V_n y la tensión que proporciona un sólo módulo trabajando en el punto de máxima potencia ($V_{mod, MPP}$):

$$N_s = \frac{V_n}{V_{mod, MPP}} \quad [21]$$

Una vez conocido el número total de módulos, y los módulos a conectar en serie, estamos en disposición de hallar las ramas necesarias en paralelo:

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} \quad [22]$$

➤ Sin seguimiento del punto de máxima potencia

En este caso, el generador no trabaja en el punto de máxima potencia y su punto de funcionamiento viene impuesto por la tensión y resistencia de la batería.

La energía media diaria necesaria en el mes crítico, se expresa en Ah (Q_{mdc}), para lo cual se divide la energía media diaria expresada en Wh (L_{mdc}) entre la tensión nominal de la instalación (V_n).

$$Q_{mdc} = \frac{L_{mdc}}{V_n} \quad [23]$$

Como los módulos no funcionan en el punto de máxima potencia, desconocemos la

corriente de cada módulo. Por ello, Aproximamos al valor de la intensidad en el punto de máxima potencia ($I_{mod, MPP}$). Así, la energía suministrada por un módulo fotovoltaico en un día del mes crítico (Q_{dmf}) se calcula como:

$$Q_{dmf} = I_{mod, MPP} \times HSP \times PR \quad [24]$$

El número de ramas en paralelo será:

$$N_p = \frac{Q_{mdc}}{Q_{dmf}} \quad [25]$$

El número de módulos que se necesitan en serie será:

$$N_s = \frac{V_n}{V_{mod, MPP}} \quad [26]$$

Siendo $V_{mod, MPP}$ el valor de la tensión del módulo de trabajo en el punto de máxima potencia.

De tal modo que el número total de módulos será:

$$N_t = N_s \times N_p \quad [27]$$

No obstante, nos ha parecido más correcto seguir el procedimiento de cálculo propuesto por el IDAE, de tal modo:

$$N_s = \frac{V_n}{V_{nmódulofotovoltaico}} = \frac{48}{24} = 2 \text{ módulos} \quad [28]$$

Serán necesarios 2 módulos en serie. Y según el valor de $P_{mp, min}$ necesitaremos en total:

$$N_t = \frac{P_{mp, min}}{W_p} = \frac{2054.08}{300} = 6.84 \text{ módulos} \quad [29]$$

Es obvio que el resultado anterior debe ser redondeado al entero inmediatamente superior, es decir, tendríamos 7 módulos.

El número de ramas es:

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ ramas} \quad [30]$$

Debemos redondear al entero inmediatamente superior, así pues, tendremos 4 ramas con 2 módulos cada una, lo que haría un total de 8 módulos.

6. Cálculo del acumulador

Para calcular el valor en Ah/día de una batería, conocido por L_d , se emplea la siguiente ecuación:

$$L_d = \frac{P_{md}}{V_{nom}} \quad [31]$$

Donde V_{nom} es la tensión de la batería y debe coincidir con la de la instalación.

$$L_d = \frac{2054.08}{48} = 42.79 \text{ Ah/día} \quad [32]$$

Necesitamos, además, calcular los días de autonomía (D_{aut}), que es el número máximo de días que una instalación puede alimentar a los consumos sin disponer de energía suministrada por el generador fotovoltaico. Para ello, hay diversas tablas con recomendaciones, siendo el número mínimo 3 días.

Inviernos	Instalación Doméstica	Instalación Crítica
Muy nubosos	5	10
Variables	4	8
Soleados	3	6

Tabla 14. Días de autonomía en función del uso y climatología

Como se puede observar en la Tabla 4 y 5, en el peor mes, el número medio de días sin sol por mes puede llegar a ser de 5.34, por tanto, no hay motivos para pensar que 3 días de autonomía no sean suficientes, además, suponer más de 3 días de autonomía si ello no es estrictamente necesario, redundaría en un encarecimiento importante de la instalación. En el caso de encontrarnos con un año que meteorológicamente se desvíe de la media y sea necesario aumentar los días de autonomía, nos veríamos obligados a buscar módulos con mayor corriente de cortocircuito o aumentar el número de ramas, para que el cociente entre la capacidad de la batería y la intensidad de cortocircuito del campo solar no supere el valor de 25.

La profundidad de descarga máxima de la batería (PD_{max}), en inglés Depth of Discharge (DOD), es la cantidad de energía expresada en tanto por ciento, que ha sido

extraída de una batería durante un proceso de descarga con respecto a su capacidad a plena carga. En general, los valores oscilan entre el 80% en instalaciones con pocas descargas profundas y el 60% en instalaciones con bastantes descargas profundas. En nuestro caso, teniendo en cuenta los valores usados para instalaciones de similares características, adoptaremos un valor medio, de un 70%. Se debe tener en cuenta que cuanto mayor es la profundidad de descarga, menor será el número de ciclos en una batería, es decir, la vida útil se acorta.

La capacidad de una batería se suele expresar en función del régimen de descarga, éste suele ser de 10 horas (C_{10}), 20 horas (C_{20}) o 100 horas (C_{100}). El IDAE recomienda la utilización de C_{20} aunque lleve a la sobredimensión del acumulador en un 25%, que por otro lado, se compensa con la pérdida de capacidad con el tiempo. De este modo:

$$C_{20} = \frac{D_{aut} \times L_d}{PD_{max} \times \mu_{inv} \times \mu_{rb}} \quad [33]$$

Donde μ_{inv} es el rendimiento energético del inversor, que el IDAE recomienda fijarlo en 85%, y μ_{rb} es el rendimiento de regulador y batería, que el IDAE recomienda fijarlo en un 80%.

Así las cosas, obtenemos:

$$C_{20} = \frac{3 \times 42.79}{0.7 \times 0.85 \times 0.80} = 269.68Ah \quad [34]$$

La capacidad nominal de la batería, no podrá exceder en 25 veces la corriente de cortocircuito en condiciones estándar de medida (CEM) del generador.

$$\frac{C_{20}}{I_{cct}} \leq 25 \quad [35]$$

Para calcular I_{cct} , multiplicamos la corriente de cortocircuito de cada rama (que coincide con la corriente de cortocircuito del módulo escogido) y se multiplica por el número de ramas, entonces:

$$\frac{269.68}{8.89 \times 4} = 7.58h \quad [36]$$

Como 7.58 es menor que 25, cumplimos los requisitos del IDAE, que nos advierte de la probabilidad de no cargarse en caso de tardar más de 25 horas, equivalente a unos 5 días aproximadamente. Para comprender mejor esto último, debemos tener en cuenta que, en la

práctica, al día disponemos de unas 4 o 5 horas recibiendo $1\text{KW}/\text{m}^2$, conocidas por Horas Solares Pico (HSP). Teniendo en cuenta esto, una batería que tarda 25 horas en recargarse, en consecuencia, necesitará unos 5 días. No es aconsejable que supere este valor, pues se incrementan las posibilidades de sulfatación, produciendo daños en la batería e incluso la posibilidad de no cargarse.

Tenemos diversas opciones, bien escoger baterías de 6 V, de 12 V, de 24 V o de 48 V. Si cogemos baterías cuya tensión nominal sea menor a 48 V, tendremos que coger las necesarias y conectarlas en serie hasta llegar al voltaje de la instalación. Al igual ocurre con los 269.68 Ah, podemos ir colocando baterías en paralelo hasta alcanzar la capacidad especificada. Hay baterías de 4 Ah, de 17 Ah, de 60 Ah, de 145 Ah, de 210 Ah, en definitiva, una cantidad interminable de baterías con capacidades distintas. Nosotros hemos escogido la batería TLS 5 de la marca Hawker, que tiene una capacidad medida en C_{10} de 270 Ah. Si consultamos bibliografía, se recomiendan unos factores de conversión entre los distintos tipos de medición de la capacidad, ya sea C_5 , C_{10} , C_{20} , C_{100} , C_{120} , etc. Aunque no existe una relación fija entre los distintos modos de calcular la capacidad y por norma general el fabricante debe especificarlo, no siempre se hace. Nosotros que hemos dimensionado el sistema acumulador a partir del método C_{20} , nos encontramos con la problemática de que la mayoría de marcas ofrecen las medidas de sus baterías en C_{10} o C_{100} . Así las cosas, siguiendo recomendaciones (Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE), aplicamos la relación:

$$\frac{C_{20}}{C_{10}} = 1.17 \quad [37]$$

$$C_{20} = 1.17 \times C_{10} = 1.17 \times 270 = 315.9 \text{ Ah} \quad [38]$$

El modelo inmediatamente inferior, el TLS 4, de 220 Ah en C_{10} , no llega a la capacidad requerida:

$$C_{20} = 1.17 \times 220 = 257.4 \text{ Ah} \quad [39]$$

La batería Hawker TLS 5 viene en grupos de 6 vasos, cada uno de los cuales tiene una tensión nominal de 2 V. Así, cada conjunto cuenta con 12 V, necesitaremos 4 grupos de 6 vasos para obtener los 48 V requeridos. De tal modo, que el sistema acumulador estará constituido por 24 vasos de 2 V conectados en serie.

La elección de este formato de sistema acumulador se ha realizado atendiendo a criterios de almacenamiento, con la finalidad de no ocupar un gran espacio con muchas

baterías de poca capacidad, y tras comprobar que era la opción más económica. A continuación se muestra tabla de características e imagen.

TECHNICAL CHARACTERISTICS PER CELL										
TYPE	Number of terminals	Capacity in Ah			Dimensions in mm			Weight in kg		Acid volume
		T° 25°C			Length (l)	Width (l)	Height	Dry weight	Filled weight	(l)
		10 h (1.80V)	120 h (1.85V)	240 h (1.85V)						
TLS 3	2	180	245	256	103	206	389	11.4	16.4	4.1
TLS 4	2	220	300	313	103	206	389	13.6	18.4	3.9
TLS 5	2	270	367	383	124	206	389	16.1	22.2	4.9

Tabla 15. Características Célula de batería Hawker TLS 5



Figura 7. Imagen batería

7. Dimensionado del regulador

Se debe ajustar a la tensión nominal del sistema, y se elegirá en función de la máxima corriente que pueda manejar.

De los paneles al regulador se manejará la corriente de cortocircuito total del campo solar y de la batería hacia las cargas, se calculará la corriente de paso a partir de la potencia de las cargas. Además, la intensidad de entrada (I_{ent}) y de salida (I_{sal}) deberán cumplir con el siguiente requisito:

$$I_{ent} > 1.25 \times I_{cct} \quad [40]$$

$$I_{sal} > 1.25 \times I_{cargas} \quad [41]$$

Tenemos que I_{cct} ya ha sido calculado previamente y vale 35.56 A, sin embargo la

intensidad de las cargas se calcula como:

$$I_{cargas} = \frac{P_{cargas}}{V_n} = \frac{328.5+1500+900+87+250+100}{48} = 65.94A \quad [42]$$

De tal modo que:

$$I_{ent} > 44.45 A$$

$$I_{sal} > 82.42 A$$

Para nuestra instalación, por sus prestaciones y relación calidad / precio, escogemos modelo SCP48120 de Leonics, que opera a una tensión continua de 48 V, y soporta amperajes de hasta 240 A.

SPECIFICATIONS

Wall Mount Model	SCP-2430	SCP-2460	SCP-24120	SCP-4830	SCP-48120	SCP-48240
Rack Mount Model	SCP-2430/RM	SCP-2460/RM	SCP-24120/RM	SCP-4830/RM	SCP-48120/RM	SCP-48240/RM
RATED POWER						
Maximum current	30 A	60 A	120 A	30 A	120 A	240 A
INPUT						
Nominal voltage	24 Vdc			48 Vdc		
Maximum voltage	48 Vdc			96 Vdc		
Maximum PV power*	0.83 kWp	1.65 kWp	3.3 kWp	1.65 kWp	6.6 kWp	13.2 kWp
OUTPUT (at 25°C)						
Boost charging voltage	26.0 - 30.0 Vdc (default = 30.0 Vdc)			52.0 - 60.0 Vdc (default = 60.0 Vdc)		
Float charging voltage	24.0 - 28.0 Vdc (default = 27.6 Vdc)			48.0 - 56.0 Vdc (default = 55.2 Vdc)		
Low voltage alarm	20.0 - 24.0 Vdc (default = 23.6 Vdc)			40.0 - 48.0 Vdc (default = 47.2 Vdc)		
Low battery voltage disconnected	19.8 - 23.8 Vdc (default = 21.6 Vdc)			39.6 - 47.6 Vdc (default = 43.2 Vdc)		
Reconnect voltage	23.0 - 27.0 Vdc (default = 25.0 Vdc)			46.0 - 54.0 Vdc (default = 50.0 Vdc)		

Tabla 16. Características regulador SCP-48120



Figura 8. Imagen Regulador

8. Dimensionado del inversor

Para seleccionar inversor, se tiene en cuenta que el voltaje de salida debe ser de 230 V en alterna a una frecuencia de 50 Hz. Además, la tensión de entrada en continua es de 48 V. Dicho lo cual, medimos el consumo de las cargas, que según la Tabla 8 es 3165.5 W. Como no todos los consumos serán conectados a la vez, se suele considerar un coeficiente de simultaneidad, en la bibliografía encontramos 0.7 y 0.8. Para estar del lado de la seguridad, emplearemos el coeficiente 0.8. Así:

$$Potencia\ inversor = 0.8 \times 3165.5 = 2532.4W \quad [43]$$

Sabemos que siempre existe una parte de potencia reactiva en los electrodomésticos que tenderá a hacer que la potencia consumida sea algo mayor, por tanto, para tener cierta holgura trabajaremos en torno a los 3000 W, que es un 20% mayor a la potencia calculada, es lo que se suele recomendar en diversos manuales. Encontramos que de la marca Zigor, tenemos un inversor especialmente diseñado para este tipo de instalaciones y que cumple con nuestros requisitos, el inversor Phoenix 48/3000, de la marca Victron Energy.

Inversor Phoenix	12/3000 24/3000 48/3000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	3000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	2500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	2200
Pico de potencia (W)	6000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	93 / 94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	15 / 15 / 16
Consumo en vacío en modo AES (W)	10 / 10 / 12
Consumo en vacío modo Search (W)	4 / 5 / 5

Tabla 17. Características inversor 48/3000



Figura 9. Imagen del inversor

9. Dimensionado del cableado y elección de los elementos de protección.

En este punto debemos consultar la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), relativo a Instalaciones Generadoras de Baja Tensión. Dicha ITC diferencia entre instalaciones generadoras aisladas, asistidas e interconectadas.

Nuestro caso es el de instalación generadora aislada, y seguirá el esquema de la Figura 10.

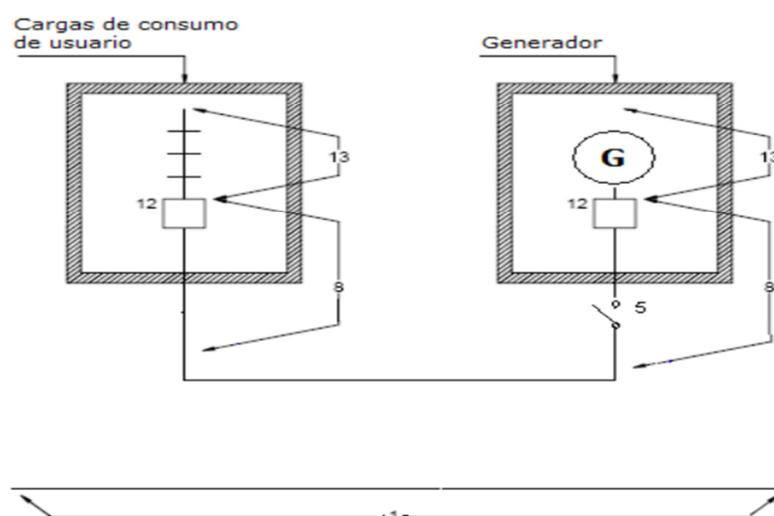


Figura 10. Esquema instalación generadora aislada

Para comprender la Figura 10, debemos saber que de parte de la instalación generadora, 13 simboliza el equipo generador-inversor (GEN), 12 los dispositivos de mando y protección interiores (DPI), línea individual del generador (LIG) y 5 el interruptor general de maniobra (IGM). Del lado de la instalación receptora, 8 es la derivación individual (DI), 12 el dispositivo general de mando y protección (DGMP) y 13 la instalación interior. Para ambos casos, 1 es la red de distribución, y podemos comprobar que no está conectada a ella.

Será objetivo de este proyecto realizar sólo los cálculos relativos a la instalación generadora.

Los tramos de cableado en el equipo generador-inversor son los mostrados en la Figura 11. En nuestro caso no tendremos en cuenta el tramo 6, pues no tenemos cargas en continua.

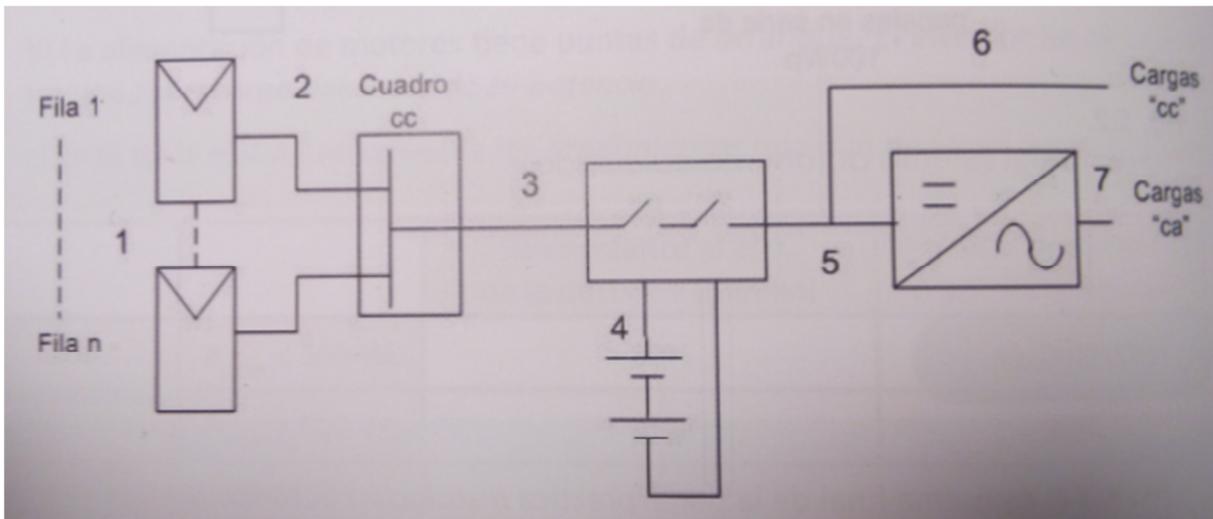


Figura 11. Tramos de cableado en una instalación aislada de red

En la Figura 11, tenemos de izquierda a derecha: paneles solares, caja de conexiones, Regulador de carga (superior), sistema acumulador (inferior) e inversor.

La V_{nom} es de 48 V, excepto a la salida del inversor que es de 230 V. En primer lugar calculamos las intensidades:

- Entre paneles la intensidad es la de un panel, es decir $I_{cc} = 8.89 \text{ A}$
- Por cada fila de paneles también tenemos 8.89 A
- Del generador al regulador tenemos 4 filas, entonces:

$$I_{cct} = 4 \times 8.89 = 35.56 \text{ A}$$

- Del regulador al acumulador, la intensidad es la misma.
- Del regulador a inversor:

$$I = \frac{3000}{48} = 62.5A$$

- Del inversor a las cargas, suponiendo $\cos \varphi = 1$, la intensidad será:

$$I = \frac{3000}{230} = 13.04A$$

Es obligatorio, por motivos de seguridad, sobredimensionar en un 25% los valores de la intensidad, por ello, en realidad tendríamos:

Tramo	Intensidad sobredimensionada un 25%
Entre paneles	11.11 A
Por fila	11.11 A
De generador a regulador	44.45 A
De regulador a batería	44.45 A
De regulador a inversor	78.12 A
De inversor a cargas	16.3 A

Tabla 17. Sobredimensionado de intensidades (I x 1.25)

Según 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.'

Es decir, del generador en adelante no podrá haber una caída de tensión superior al 1.5%. Para distribuir la caída de tensión entre los tramos, calculamos la distancia total después del generador, los datos sobre las distancias vienen reflejados en la Tabla 15, también se pueden consultar en el Plano de Planta. En nuestro caso, la caída de tensión del generador en adelante será como máximo del 1.5% tal y como exige la ITC-BT-40, pero además, dentro del generador mismo, también fijaremos la caída de tensión máxima en un 1.5%.

Una vez sumadas las distancias, se dividirá la caída de tensión máxima (1.5%) entre el número de metros, de tal modo que obtengamos una relación del porcentaje que puede caer por metro.

Tramo	Distancia
Entre paneles	3 m
Por fila 1	8 m
Por fila 2	5 m
Por fila 3	8 m
Por fila 4	11 m
De generador a regulador	1 m
De regulador a batería	1 m
De regulador a inversor	1 m
De inversor a cargas	4.9 m

Tabla 18. Longitud de cada tramo

En la Tabla 18, las filas de paneles han sido enumeradas empezando desde arriba hasta finalizar en la cuarta fila, abajo.

La distancia total después del generador (D_{dg}) será:

$$D_{dg} = 1 + 1 + 1 + 4.9 = 7.9m \quad [43]$$

El porcentaje de caída de tensión por metro (ΔV_m) es:

$$\Delta V_m = \frac{1.5}{7.9} = 0.189 \% / m \quad [44]$$

Ahora podemos saber el porcentaje de caída por tramo:

- De generador a regulador

$$\Delta V_{gr} = 1 \times 0.189 = 0.189\% \quad [45]$$

- De regulador a batería

$$\Delta V_{rb} = 1 \times 0.189 = 0.189\% \quad [46]$$

- De regulador a inversor

$$\Delta V_{ri} = 1 \times 0.189 = 0.189\% \quad [47]$$

- De inversor a cargas

$$\Delta V_{ic} = 4.9 \times 0.189 = 0.93\% \quad [48]$$

Una vez hallada la caída de tensión para cada tramo, las secciones las calculamos empleando las ecuaciones de la Tabla 19.

Tipo	Ecuación
Línea corriente alterna monofásica	$S = \frac{2 \times L \times I \times \cos(\phi)}{c \times e}$
Línea de corriente alterna trifásica	$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos(\phi)}{c \times e}$
Líneas de corriente continua	$S = \frac{2 \times L \times I}{c \times e}$

Tabla 19. Cálculo de secciones

En la Tabla 19, S hace referencia a la sección, L a la longitud de la línea, I a la intensidad de la línea, $\cos(\phi)$ al factor de potencia, c a la conductividad del conductor y e al producto de la caída de tensión por la tensión nominal.

Temperatura	Cobre (Cu)	Aluminio (Al)
20 °C	56	35
70 °C	48	30
90 °C	44	28
120 °C	40	25

Tabla 20. Conductividades en $(\Omega \times \text{mm}^2/\text{m})^{-1}$

En la Tabla 20 tenemos los valores de conductividad (c) para distintos materiales y materiales de servicio.

Con estos datos podemos calcular las secciones del generador a las cargas:

Tramo	Sección (mm ²)
De generador a regulador	$S = \frac{2 \times 1 \times 44.45}{48 \times \left(\frac{0.160}{100}\right) \times 48} = 24.11$
De regulador a batería	$S = \frac{2 \times 1 \times 44.45}{48 \times \left(\frac{0.160}{100}\right) \times 48} = 24.11$
De regulador a inversor	$S = \frac{2 \times 1 \times 78.12}{48 \times \left(\frac{0.247}{100}\right) \times 48} = 27.45$
De inversor a cargas	$S = \frac{2 \times 4.9 \times 16.30 \times 1}{48 \times \left(\frac{0.93}{100}\right) \times 230} = 1.55$

Tabla 21. Secciones del generador a cargas por el método de caída de tensión

Si calculamos las secciones, atendiendo a las caídas de tensión calculadas anteriormente, tendríamos unas secciones que no serían las óptimas para cada tramo, consideramos innecesario realizar gastos que pueden ser evitables. Por tanto, realizamos una nueva estimación de las caídas de tensión y esto es lo que reflejamos en la Tabla 21.

A continuación, calcularemos las secciones dentro del generador. Al igual que en los cálculos anteriores, supondremos una temperatura de servicio de 70°C, como conductor emplearemos el cobre y utilizaremos una caída de tensión del 1.5 % en el interior del generador.

- Para la fila 1:

$$S = \frac{2 \times 3 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{0.5}{100}\right) \times 48} = 5.78 \text{ mm}^2 \quad S = \frac{2 \times 8 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{1}{100}\right) \times 48} = 7.7 \text{ mm}^2 \quad [49]$$

- Para la fila 2:

$$S = \frac{2 \times 3 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{0.5}{100}\right) \times 48} = 5.78 \text{ mm}^2 \quad S = \frac{2 \times 5 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{1}{100}\right) \times 48} = 4.8 \text{ mm}^2 \quad [50]$$

- Para la fila 3:

$$S = \frac{2 \times 3 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{0.5}{100}\right) \times 48} = 5.78 \text{ mm}^2 \quad S = \frac{2 \times 8 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{1}{100}\right) \times 48} = 7.7 \text{ mm}^2 \quad [51]$$

- Para la fila 4:

$$S = \frac{2 \times 3 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{0.5}{100}\right) \times 48} = 5.78 \text{ mm}^2 \quad S = \frac{2 \times 11 \times 11.11}{48 \times \left(\frac{1}{100}\right) \times 48} = 10.61 \text{ mm}^2 \quad [52]$$

A continuación, calculamos las secciones empleando factores de corrección, para ello consultamos la IT-BT-19 'Instalaciones Interiores Receptoras'.

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Tabla 22. Factor de corrección de conductores en misma canalización

Los distintos métodos de instalación se muestran en la Tabla 23.

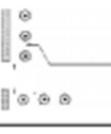
Instalación de referencia		Tabla y columna							Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción de agrupamiento
		Intensidad admisible para los circuitos simples								
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		Aislamiento mineral				
		Número de conductores								
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
 habitación (local)	A1	52-C1 Col. 2	52-C3 Col. 2	52-C2 Col. 2	52-C4 Col. 2	–	52-D1	52-E1		
 habitación (local)	A2	52-C1 Col. 3	52-C3 Col. 3	52-C2 Col. 3	52-C4 Col. 3	–	52-D1	52-E1		
	B1	52-C1 Col. 4	52-C3 Col. 4	52-C2 Col. 4	52-C4 Col. 4	–	52-D1	52-E1		
	B2	52-C1 Col. 5	52-C3 Col. 5	52-C2 Col. 5	52-C4 Col. 5	–	52-D1	52-E1		
	C	52-C1 Col. 6	52-C3 Col. 6	52-C2 Col. 6	52-C4 Col. 6	Cubierta 70 °C 52-C5 Cubierta 105 °C 52-C6	52-D1	52-E1		
	D	52-C1 Col. 7	52-C3 Col. 7	52-C2 Col. 7	52-C4 Col. 7	–	52-D2	52-E3		
	E	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		Cubierta 70 °C 52-C7 Cubierta 105 °C 52-C8	52-D1	52-E1		
	F	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		Cubierta 70 °C 52-C7 Cubierta 105 °C 52-C8	52-D1	52-E1		
	G	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		Cubierta 70 °C 52-C7 Cubierta 105 °C 52-C8	52-D1	–		

Tabla 23. Métodos de instalación

La Tabla 22 es la Tabla A-52-3 'Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos' de la norma UNE 20460-5-523:2004, la Tabla 23 puede verse desglosada en las tablas A-52-1 bis 'Intensidades máximas admisibles en amperios para temperatura ambiente de 40°C' y A-52-2 bis 'Intensidades máximas admisibles en amperios para temperatura ambiente de 25°C', ambas pertenecientes a la misma norma, una referida a conductores no enterrados y otra a conductores enterrados, respectivamente.

Por último, emplearemos la Tabla 24 relativa a correcciones de pérdidas por sobrecalentamiento.

Material	Temperatura ambiente (en °C)									
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
XLP o EPR	1	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55	0.45	0.32

Tabla 24. Factor de corrección de pérdidas por sobrecalentamiento

En el caso de los cables del generador, que están expuestos al Sol en algunos casos, se emplea un factor de corrección de 0.9.

Comenzamos los cálculos:

- Entre paneles; la intensidad es de 11.11 A, seleccionamos el tipo de instalación E, 'Cable multiconductor al aire libre o en bandeja perforada', a 70°C y con exposición solar.

$$I = \frac{11.11}{0.63 \times 0.9} = 19.59A \quad [53]$$

- De los paneles al Cuadro de Conexiones (CC); la intensidad es de 11.11 A, seleccionamos el tipo de instalación B1, 'Conductores aislados en canalizaciones superficiales o empotradas en obra'. Tenemos 9 filas, por lo que pasarán 9 circuitos, según la Tabla 19, aplicamos el factor de corrección 0.5, además, los tubos estarán expuestos al Sol, a temperaturas aproximadas a los 50°C, según la Tabla 21, corresponde un factor de corrección de 0.89.

$$I = \frac{11.11}{0.5 \times 0.89} = 24.96A \quad [54]$$

- De generador a regulador; el tipo de instalación es también B1, pero como está en interior, no necesita factores de corrección.
- De regulador a acumulador; el tipo de instalación es B1, está en interior y no necesita factores de corrección.
- De regulador a inversor; el tipo de instalación es B1, no necesita factores de corrección, pues está en interior.

- De inversor a cargas; el tipo de instalación será D, 'Cable multiconductor en conductos enterrados' y no necesitará factores de corrección.

En los casos en que no hemos aplicado factores de corrección es porque no están expuestos directamente al Sol (interior o enterrados), las temperaturas de servicio son las estipuladas por la Tabla correspondiente, y el circuito consta de dos conductores. Los conductores serán termoestables en todos los casos (XLPE).

Una comparativa de las secciones viene reflejada en la Tabla 25.

Tramo	Sección cdt (mm ²)	Sección por factores de corrección (mm ²)	Sección comercial (mm ²)
Por fila 1	7.7 (5.78)	2.5 (1.5)	10 (6)
Por fila 2	4.48 (5.78)		6 (6)
Por fila 3	7.7 (5.78)		10 (6)
Por fila 4	10.61 (5.78)		16 (6)
De generador a regulador	24.11	2.5	25
De regulador a batería	24.11	2.5	25
De regulador a inversor	27.45	4	35
De inversor a cargas	1.55	1.5	2.5

Tabla 25. Comparativa de secciones

En la Tabla 25 figura entre paréntesis la sección que hemos seleccionado entre paneles para la fila en concreto que se trata.

A continuación mostramos los cables seleccionados para la instalación, todos de la marca Top Solar.

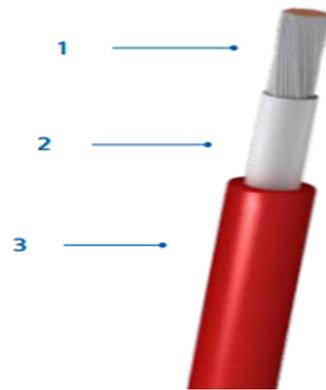


Figura 12. Imagen del cable Top Solar (1, conductor; 2, aislamiento; 3, cubierta)

<p>Características eléctricas BAJA TENSIÓN 1,5/1,5 · (1,8) kV</p> <p>Norma de referencia EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502</p> <p>Certificaciones Certificados CE TÜV EN RoHS</p> <p>Características térmicas Temp. máxima del conductor: 120°C. Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s). Temp. mínima de servicio: -40°C</p> <p>Características frente al fuego No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754 Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%. Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.</p>	<p>Características mecánicas Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior. Resistencia a los impactos: AG2 Medio.</p> <p>Características químicas Resistencia a grasas y aceites: excelente. Resistencia a los ataques químicos: excelente.</p> <p>Resistencia a los rayos Ultravioleta Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.</p> <p>Presencia de agua Presencia de agua: AD8 sumergida.</p> <p>Vida útil Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60216-2</p> <p>Otros Marcaje: metro a metro.</p> <p>Condiciones de instalación Al aire. Enterrado.</p> <p>Aplicaciones Instalaciones solares fotovoltaicas.</p>
--	---

Figura 13. Principales características del cable Top Solar

En lo relativo a las protecciones de la instalación, hay de diversos tipos. Para el grupo generador, se puede elegir entre diodos de bloqueo, fusibles o interruptores automáticos magnetotérmicos de continua. Por comodidad, variedad y precio, elegimos los fusibles.

Los fusibles evitarán las sobrecargas en cada fila, debe recordarse que no pueden abrirse en carga, primero se debe desconectar el interruptor general. Se dimensionan para soportar entre 1.25 y 2 veces la I_{cc} de la fila y una tensión de $1.2 \times V_{Gca}$ (tensión de circuito abierto de grupo). Además, deben ser de disparo gR ('g' es uso general y 'R' significa que protege semiconductores).

$$I_F = 1.25 \times 8.89 = 11.11A \quad [55]$$

$$V_{Gca} = 1.2 \times 89.94 = 107.93V \quad [56]$$

Hemos seleccionado de la marca KPS, soluciones en energía, el fusible cilíndrico gR 10x38 12 A 690 V_{cc} y la base portafusible de la misma marca Base portafusible 10x38 (1+N) F/Carril.



Figura 14. Imagen fusible y portafusible

<p>• Fusibles cilíndricos gR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión nominal 690 V_{cc}. - Poder de corte 20 kA. - Curva tipo gR. - Según norma IEC 60269-4. <p style="background-color: #e0f0e0; padding: 2px; text-align: center;">10x38 12 A 690V_{cc} gR</p>	<p>• Bases y accesorios para fusibles cilíndricos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión nominal 690 V_{ca}. - Modelo 10x38 apto para 1000 V_{cc}. - Según norma IEC 60269-2. <p style="background-color: #e0f0e0; padding: 2px; text-align: center;">Base portafusible 10x38 F/Carril</p>
--	--

Figura 15. Características principales fusible KPS

A la salida del grupo solar habrá un seccionador para desconectar el grupo en carga, se dimensiona para soportar $1.5 \times I_{Gcc}$ (intensidad de cortocircuito del grupo) y la tensión V_{Gca} en condiciones CEM (condiciones estándar de medida).

$$I_s = 1.5 \times 8.89 \times 4 = 53.34A \quad [57]$$

Como seccionador seleccionamos el Sentron de la marca Siemens, para 63 A.



Figura 16. Imagen seccionador Siemens

La versión		
Nombre comercial del producto		SETRON
Designación del producto		interruptor seccionador 3KA
Tensión de aislamiento / valor asignado	V	690
Clase de protección		
Grado de protección IP		IP00
Disipación		
Pérdidas [W]		
<ul style="list-style-type: none"> con valor asignado de la intensidad / con AC / en estado operativo caliente / por polo 	W	2,33
<ul style="list-style-type: none"> máx. 	W	7
Electricidad		
Corriente en estado de conducción / I _{2t} / máxima permitida / con categoría de empleo / AC-22 B / a 400 V	A ² ·s	24 000

Tabla 26. Características del seccionador

Del regulador a las baterías se debe poner otro fusible, que deberá estar lo más próximo posible al positivo de la batería, su valor debe ser $1.5 \times I_{Gcc}$.

$$I_{rb} = 1.5 \times 8.89 \times 4 = 53.34A \quad [58]$$

Elegimos el fusible de la marca KPS, soluciones en energía, tipo gG (estándar), cilíndrico, 22x58 63 A AC 500V C/I. Y la base portafusible 22x58 F/Carril.

Del regulador al inversor no será necesario disponer de protecciones pues éste las lleva integradas. Pero del inversor al Cuadro de Protección y Medida (CPM) aunque no sea obligatorio si creemos que es recomendable fijar ciertas protecciones para facilitar las labores de mantenimiento de la instalación. Estará compuesto por:

- Interruptor Automático, que actuará como máximo al 130% de la potencia nominal

de la instalación

$$PIA = 1.30 \times P_{nom} = 1.30 \times 2400 = 3120 \quad [59]$$

- Interruptor Diferencial, que tendrá una sensibilidad de 30 mA.

Escogemos de la marca DELIXI el bloque Interruptor Automático y Diferencial de 2 polos y 20 A. Curva Tipo C el automático y curva Tipo AC el diferencial que además tendrá sensibilidad de 30 mA.



Figura 17. Bloque automático y diferencial marca DELIXI

- Polos: 2, 3 y 4 Polos
- In.: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 y 63A
- Sensibilidad: 30 y 300mA (10mA bajo demanda).
- Poder corte: 6kA
- Tipos: AC (A bajo demanda)
- Curvas: C (B y D bajo demanda)
- Protección: IP20
- Certificados:  

Figura 18. Principales características bloque automático y diferencial

- Protección contra sobretensiones permanentes

Respecto a la puesta a tierra, el IDAE recomienda a partir de 48 V conectar a tierra las masas metálicas, las estructuras de soporte y los marcos de los paneles. Aunque los paneles trabajan aislados de tierra, en esquema IT, y un defecto de un conductor con una masa metálica no haría circular corriente a tierra porque no se cierra el circuito, pero un segundo fallo podría crear tensiones peligrosas en las masas. Los demás elementos también poseerán protecciones a tierra tal como figura en el esquema unifilar.

10. Soportes de la instalación.

Las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos son diseñadas teniendo en cuenta las Normas Técnicas de la Edificación (NTE), de tal modo que se debe tener en cuenta las cargas propias y las debidas a factores meteorológicos.

Se procurará que los marcos de los paneles fotovoltaicos dispongan de perforaciones que drenen el agua, impidiendo así la corrosión de los componentes.

Respecto al granizo, cabe destacar que un vidrio templado de 6 mm de grosor es capaz de resistir el impacto de una bola de acero de 500 gramos que cae desde dos metros. En nuestro caso, el panel dispone de un vidrio templado de 4 mm de grosor. Si tenemos en cuenta que es necesario temperaturas por debajo de cero para que se produzca el granizo, y que en la zona en particular, a lo largo de 29 años, la temperatura más baja registrada ha sido de 3.9 °C, pues caemos en cuenta que ese grosor es más que suficiente. A su vez no debemos preocuparnos por nevadas, frío o calor extremo.

Respecto a las tormentas eléctricas, que se dan con algo más de frecuencia, ya se cuenta con las protecciones detalladas en el apartado anterior.

El factor climático que debemos tener realmente en cuenta es el viento, en nuestro caso, el que se dirige hacia el Ecuador, proveniente del Norte, que puede ocasionar el 'efecto vela', por el cual el aire, empuja un objeto más o menos sólido. En la Figura 19 puede comprobarse como el Viento del Sur producirá una compresión de los anclajes, sin embargo, el Viento del Norte, ejercerá una fuerza de tracción sobre los anclajes y es la que resulta peligrosa.

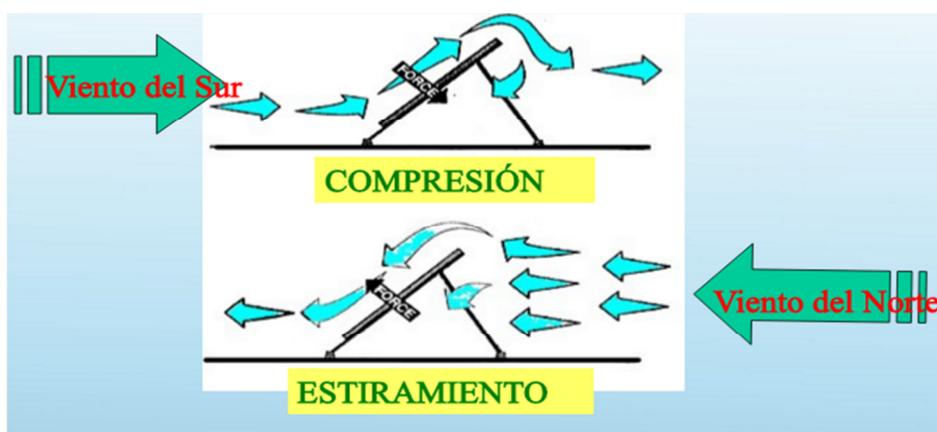


Figura 19. Fuerzas que ejerce el viento

Para evitar los efectos del viento necesitamos que nuestra estructura de soporte sea capaz de realizar una fuerza igual o mayor a la de tracción, para ello dimensionamos para el peor de los casos, empleando la siguiente ecuación, que nos permite evaluar la fuerza que puede actuar sobre cada uno de los módulos.

$$F = p \times S \times \sin(\alpha)^2 \quad [60]$$

Donde S es la superficie de los módulos, α la inclinación de los módulos y p la presión frontal del viento.

Las dimensiones del panel son 1.965 m x 0.990 m, lo que nos da una superficie de 1.94 m². Respecto a la presión frontal del viento, si tenemos en cuenta que el viento más fuerte registrado en España fue en el Observatorio de Izaña en 2005, de 268 Km/h, y que según la base de datos de la AEMET para la localización indicada, desde 1985 a 2016, la máxima velocidad del viento registrada es de 114 Km/h en Diciembre del año 1987, la instalación estará más que segura si diseñamos el soporte para soportar vientos de 140 Km/h, el mínimo exigido por el Código Técnico de la Edificación. Para esta velocidad, la presión del viento será de 978 N/m². Así pues:

$$F = 978 \times 1.94 \times \sin(54)^2 = 12.42N \quad [61]$$

La estructura de soporte seleccionada para resistir esa fuerza es el TRIANGLE SYSTEM de K2, e irá sujeto al suelo con anclaje roscado sobre losas de hormigón prefabricado.



Figura 20. Imagen estructura soporte K2



Technical data	
Field of application	Flat and sloped roofs
Roofing	Suitable for virtually all types
PV modules	Suitable for all standard module types
Module orientation	Vertical / horizontal (with cross bracing)
Material	Aluminium (EN AW-6063 T66)
Connecting elements	Stainless steel screws A2-70, aluminium
Roof connection	Screw connection, clamping, ballasting
Static principles	Calculation principles in accordance with Eurocode 9 - dimensioning and construction of aluminium structures
Load assumption in accordance with	DIN EN 1991 (Eurocode 1)
System components	Pre-assembled triangle, mid and end clamp sets, SolidRail range, PE panel, T-Bolt, M K2, K2 Hexagon flange nut with serration,

Figura 21. Características principales del soporte



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

ANEXO II – DATOS DE PARTIDA

ÍNDICE

1. DEMANDA ELÉCTRICA Y POTENCIA INSTALADA.....	5
2. DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	6
2.1. Emplazamiento de la estación meteorológica.....	6
2.2. Temperaturas.....	6
2.3. Radiación solar	6

1. Demanda eléctrica y potencia instalada

En el Anexo I – Cálculos, se justifica debidamente la potencia instalada en la vivienda rural, (aplicando los coeficientes de simultaneidad conforme al ITC-BT-25 del REBT), así como el consumo estimado para el mismo. Dado que la instalación aguas abajo del CGBT ya está realizada, todas las cargas se alimentan en corriente alterna.

A modo de resumen, se muestran los resultados obtenidos, en la siguiente tabla:

CARGA	POTENCIA (W)	HORAS/DÍA	TOTAL
Lámparas	328	3	984
Lavadora	1500	1	1500
Vitrocerámica	900	1	900
Televisor	87	2	174
Frigorífico	250	2	500
Otros usos	100	2	200

Tabla 1. Resumen de potencias consumidas en Wh/días

En cuanto a la distribución de la demanda en el tiempo, no existen variaciones del consumo a lo largo del año. Se estima que la demanda media diaria se reparte entre las 7 y las 1 horas, siendo el consumo en las demás horas prácticamente nulo.

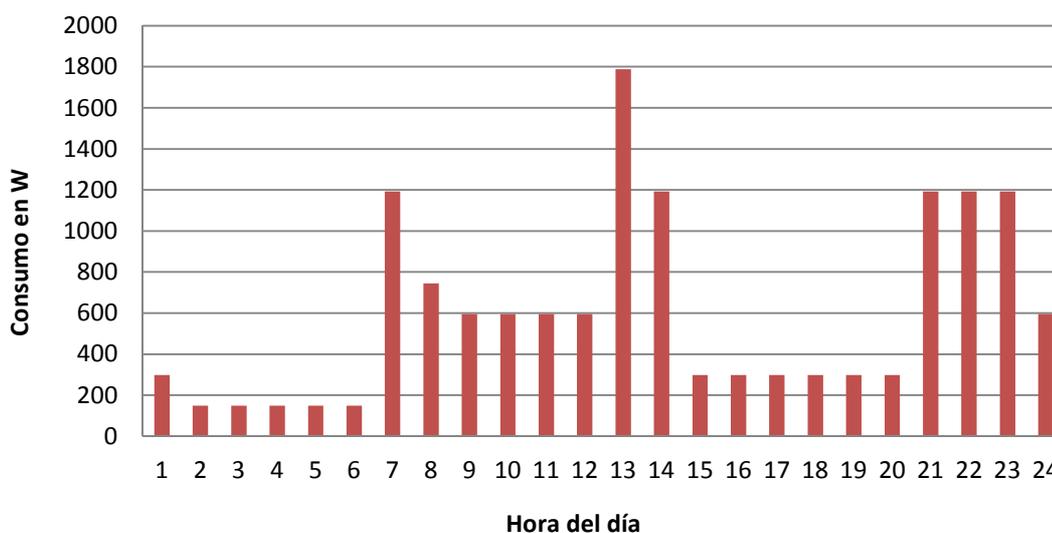


Figura 1. Perfil diario de consumo en W

2. Datos climatológicos

Los datos climatológicos de partida, necesarios para caracterizar el recurso solar del emplazamiento, se obtienen de la estación meteorológica las Tricias (código C147U) que se encuentra a poca distancia de la zona en la que se localiza la vivienda.

2.1. Emplazamiento de la estación meteorológica

Las coordenadas decimales y altitud de la estación meteorológica, son las siguientes:

Latitud: 28.7817 **Longitud:** -17.9664

Altitud: 787 m

2.2. Temperaturas

La temperatura ambiente, interviene en el dimensiona y rendimiento de algunos componentes de una instalación renovable (paneles fotovoltaicos, sistema de baterías, etc.).

Los datos mostrados, se corresponden con las temperaturas medias mensuales del periodo de medición (1983 – 2012).

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Año
12.6	12.5	13.9	14.0	15.8	18.5	22.0	22.3	20.5	18.3	16.0	13.5	16.7

Tabla 2. Temperaturas medias mensuales en °C

2.3. Radiación solar

En la tabla 3, se muestran las horas de insolación media diaria por mes, en el emplazamiento de la estación meteorológica. El valor anual, se corresponde con la media diaria de todo el año.

E	F	M	A	M	J	X	A	S	O	N	D	Año
3.41	4.54	5.63	6.59	6.84	7.46	7.51	7.11	6.06	4.96	3.60	3.13	5.57

Tabla 3. Insolación media diaria por mes



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

ANEXO III – ESTUDIO ECONÓMICO

ÍNDICE

1. ASPECTOS GENERALES	5
2. RESUMEN DE LA INVERSIÓN	5
2.1. Consumo	5
2.2. Gastos de mantenimiento	5
2.3. Precio de la electricidad	5
3. VALOR ACTUAL NETO	6
4. ESTUDIO DE LA AMORTIZACIÓN	7

1. Aspectos generales

El presente anexo tiene por objeto realizar un estudio sobre cuando se recuperaría el dinero invertido en la instalación, para comprobar su rentabilidad.

2. Resumen de la inversión

La inversión inicial que se presupuesta para la realización de la instalación es de 14.590,34 €. A la hora de llevar a cabo el estudio de viabilidad económica, se debe tener en cuenta el incremento anual del precio de la electricidad, el precio de la electricidad y el desgaste de la instalación, todo ello aplicado sobre el consumo anual estimado.

2.1. Consumo

La energía total necesaria para abastecer a la vivienda es constante a lo largo del año, y es de 5,68 kWh/día. Esto hace que el consumo anual sea de aproximadamente 2074 kWh al año.

2.2. Gastos de mantenimiento

Estos gastos de mantenimiento, son los derivados de todas las tareas que se deben realizar cada cierto periodo de tiempo, según se indica en el documento “Pliego de Condiciones Técnicas” del presente proyecto.

Las labores de mantenimiento, en la medida de lo posible, se deberán de llevar a cabo por la empresa encargada en la ejecución de la instalación. Se ha estimado una tarifa anual de 100€, dada la oferta de varias empresas.

Este gasto anual no afecta en gran medida al estudio de rentabilidad.

2.3. Precio de la electricidad

Este valor, junto con el consumo, es el más importante para realizar dicho estudio de viabilidad económica.

Actualmente el precio del kW hora, está sobre los 0,15 €.

Se debe tener en cuenta el incremento anual del precio de la electricidad, aunque en la actualidad, tras una gran subida del precio en el periodo de 2008-2012, con subidas anuales

de hasta un 23%, nos encontramos en una situación de estabilidad, aun así, se supondrá un incremento del 10% anual, para obtener una estimación desde un punto de mayor seguridad.

3. Valor actual neto (VAN)

El VAN se obtiene como la suma de todos los movimientos de fondos actualizados al origen de cálculo de la inversión mediante una tasa de descuento que exprese la rentabilidad mínima exigida por la empresa en sus inversiones. La fórmula genérica para su cálculo es:

$$VAN = \sum_{j=i}^n \frac{V_j}{(1+k)^j} - I_o \quad [1]$$

Donde:

- j = Representa el transcurso de los años. Desde $j = 1$ hasta 25.
- V_j = Flujo de caja.
- I_o = Versión inicial.
- k = Tasa de actualización.

Año	Mant.	Ahorro Energético	Flujo de Caja	Año	Mant.	Ahorro Energético	Flujo de Caja
1	-100	342,21	242,21	14	-100	1.181,40	1.081,40
2	-100	376,43	276,43	15	-100	1.299,54	1.199,54
3	-100	414,07	314,07	16	-100	1429,50	1.329,50
4	-100	455,48	355,48	17	-100	1.572,45	1.472,45
5	-100	501,03	401,03	18	-100	1.729,69	1.629,69
6	-100	551,13	451,13	19	-100	1.902,66	1.802,66
7	-100	606,25	506,25	20	-100	2.092,93	1.992,93
8	-100	666,87	566,87	21	-100	2.302,22	2.202,22
9	-100	733,56	633,56	22	-100	2.532,44	2.432,44
10	-100	806,91	706,91	23	-100	2.785,68	2.685,68
11	-100	887,60	787,60	24	-100	3.064,25	2.964,25
12	-100	976,37	876,37	25	-100	3.370,68	3.270,68
13	-100	1.074,00	974,00				

Tabla 1. Flujo de caja anual

Partiendo de estos datos de flujo de caja, y ante el desconocimiento de la tasa de actualización de la inversión, se dispondrá a continuación de una tabla en la que se muestran los diferentes VAN según varía la tasa de actualización.

TASA DE ACTUALIZACIÓN	VAN
0%	16.565,01 €
1%	11.529,26 €
2%	7.429,50 €
3%	4.077,34 €
4%	1.324,57 €
5%	-945,79 €
6%	-2.826,44 €
7%	-4.391,07 €
8%	-5.698,46 €
9%	-6.795,68 €
10%	-7.720,54 €

Tabla 2. VAN según la tasa de actualización.

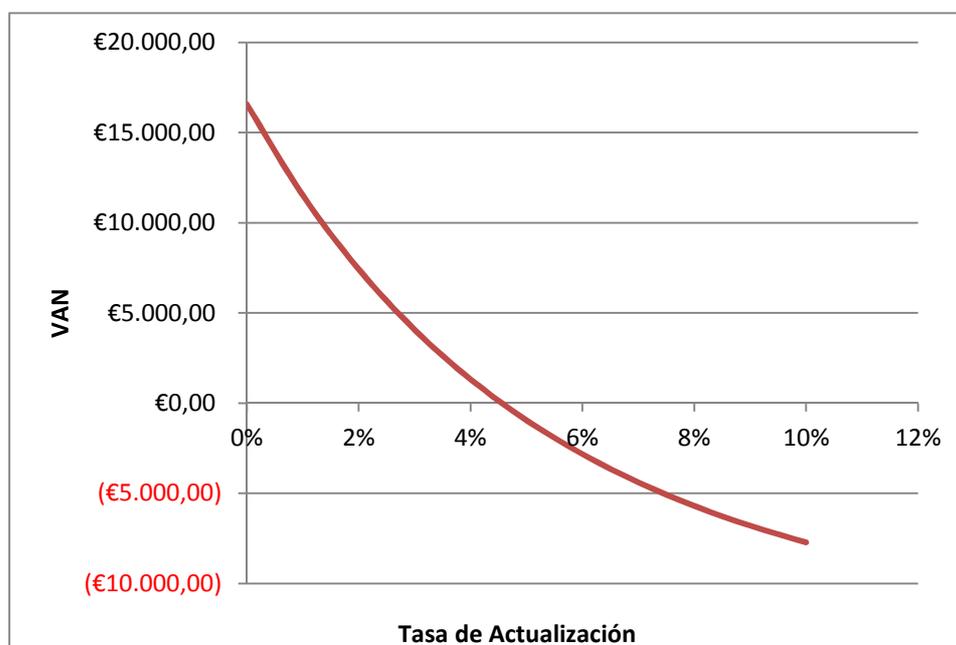


Figura 1. Gráfica VAN-Tasa de Actualización

Como se puede observar en los datos obtenidos, la inversión sería rentable hasta un 4% de tasa de actualización.

4. Estudio de la amortización

El estudio de la amortización consiste en ver cuantos años se tardaría en recuperar el coste de la inversión inicial (“payback”) para la instalación solar fotovoltaica, para ello

tendremos en cuenta el mantenimiento (100€/año) y el ahorro energético (precio energía x consumo anual), el cual varía según los años.

El resultado obtenido es el siguiente:

Año	Inversión	Mantenimiento	Ahorro Energético	TOTAL
0	-14.590,34	-	-	-14.590,34
1	-	-100	342,21	-14.348,13
2	-	-100	376,43	-14.071,70
3	-	-100	414,07	-13.757,62
4	-	-100	455,48	-13.402,14
5	-	-100	501,03	-13.001,11
6	-	-100	551,13	-12.549,98
7	-	-100	606,25	-12.043,74
8	-	-100	666,87	-11.476,86
9	-	-100	733,56	-10.843,31
10	-	-100	806,91	-10.136,39
11	-	-100	887,60	-9.348,79
12	-	-100	976,37	-8.472,42
13	-	-100	1074,00	-7.498,42
14	-	-100	1181,40	-6.417,02
15	-	-100	1299,54	-5.217,48
16	-	-100	1429,50	-3.887,98
17	-	-100	1572,45	-2.415,54
18	-	-100	1729,69	-785,85
19	-	-100	1902,66	1.016,81

Tabla 3. Estudio amortización y recuperación de la inversión

Como se puede observar en la tabla anterior, la inversión retornará a principios del año 19, quedando por tanto, alrededor de 6 años de beneficio para el propietario de la instalación.



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

ANEXO IV – DIALUX

Índice

Iluminación vivienda

Terreno 1

Edificación 1

Planta (nivel) 1

Local 1

Sinopsis de locales.....3

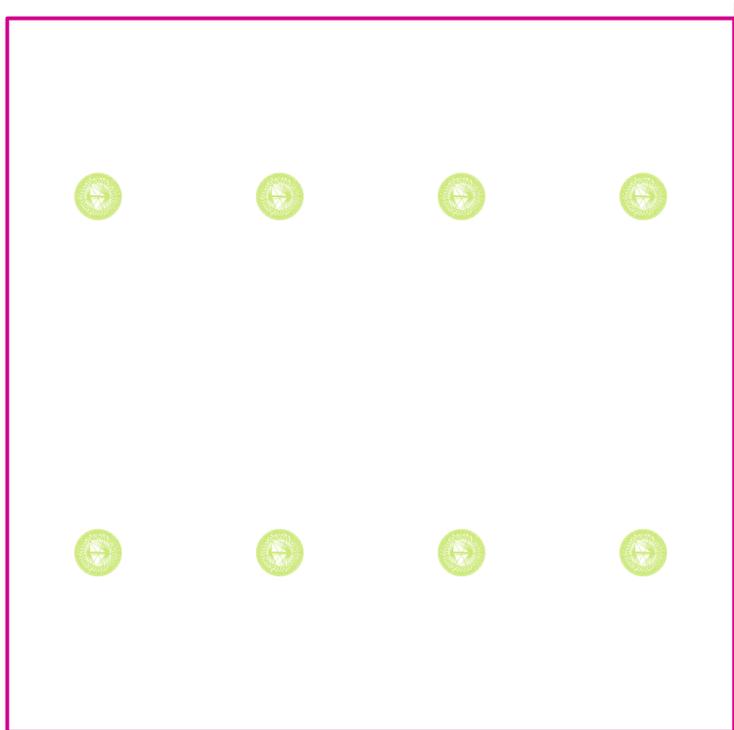
Local 2

Sinopsis de locales.....5

Local 3

Sinopsis de locales.....6

Local 1



Altura del local: 2.800 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

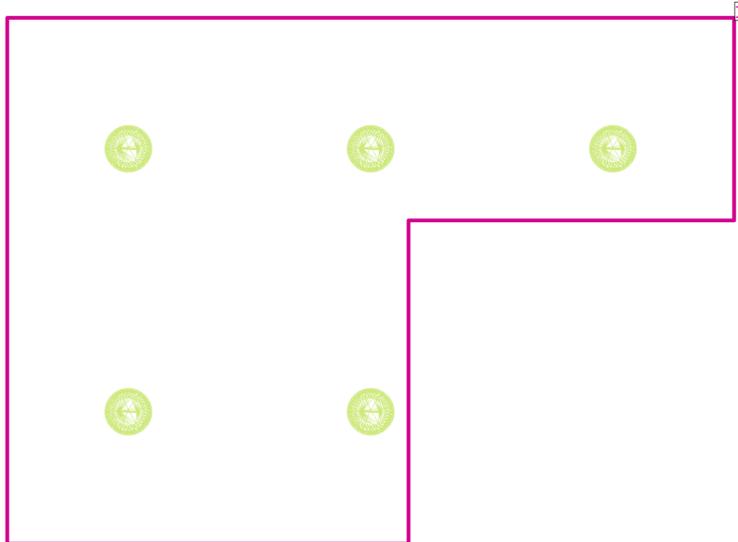
Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	527 (500)	35	1540	0.066	0.023

N°	Número de unidades			
1	8	Philips Lighting BPK561 1xDLM2000/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 90.23% Flujo luminoso de lámparas: 2000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1805 lm Potencia: 22.0 W Rendimiento lumínico: 82.0 lm/W		

Flujo luminoso total de lámparas: 16000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 14440 lm, Potencia total: 176.0 W, Rendimiento lumínico: 82.0 lm/W

Potencia específica de conexión: $7.72 \text{ W/m}^2 = 1.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 22.80 m²)

Local 2



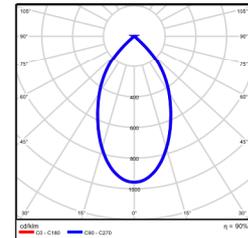
Altura del local: 2.800 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 2	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	568 (500)	64	1586	0.113	0.040

Nº	Número de unidades
----	--------------------

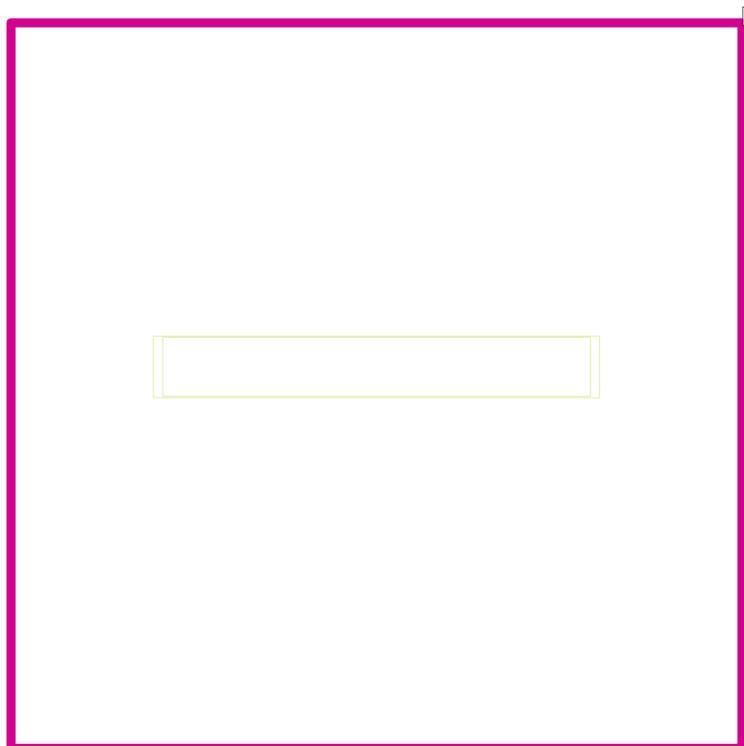
1	5	Philips Lighting BPK561 1xDLM2000/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 90.23% Flujo luminoso de lámparas: 2000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1805 lm Potencia: 22.0 W Rendimiento lumínico: 82.0 lm/W
---	---	--



Flujo luminoso total de lámparas: 10000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 9025 lm, Potencia total: 110.0 W, Rendimiento lumínico: 82.0 lm/W

Potencia específica de conexión: $9.03 \text{ W/m}^2 = 1.59 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 12.18 m²)

Local 3



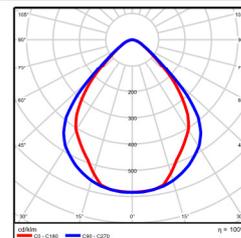
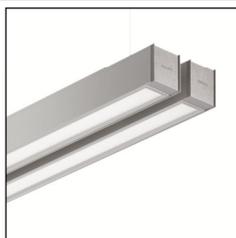
Altura del local: 2.800 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 3	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	522 (500)	187	885	0.358	0.211

N° Número de unidades

1	1	Philips Lighting BPS680 W17L122 1xLED48/840 MLO-PC Grado de eficacia de funcionamiento: 99.84% Flujo luminoso de lámparas: 3500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3494 lm Potencia: 42.5 W Rendimiento lumínico: 82.2 lm/W
---	---	--



Flujo luminoso total de lámparas: 3500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3494 lm, Potencia total: 42.5 W, Rendimiento lumínico: 82.2 lm/W

Potencia específica de conexión: $10.63 \text{ W/m}^2 = 2.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 4.00 m²)



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

ANEXO V - ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. MEMORIA	7
1.1. Objeto de este estudio	7
1.2. Características de la obra	7
1.2.1. Descripción de la obra y situación	7
1.2.2. Problemática del solar.....	7
1.2.3. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra.....	7
1.2.4. Identificación de los autores del Estudio de Seguridad y Salud	8
1.3. Servicios higiénicos, vestuario, comedor y oficina de obra	8
1.4. Riesgos	8
1.4.1. Riesgos destacables más comunes	8
1.4.2. Medidas preventivas	8
1.5. Fases de la ejecución de la obra	9
1.5.1. Cimentación	9
1.5.2. Montaje de estructura de soporte	10
1.5.3. Montaje de los módulos fotovoltaicos	11
1.5.4. Montaje de elementos solares	12
1.5.5. Colocación del cableado y conexionado.....	13
1.6. Medios auxiliares	14
1.6.1. Grúa	14
1.6.2. Escaleras	15
1.6.3. Grupo electrógeno.....	15
1.7. Maquinaria de obra	16
1.7.1. Maquinaria en general	16
1.7.2. Camión basculante.....	17
1.7.3. Otros.....	18
1.7.4. Soldadura de arco eléctrico.....	19
1.7.5. Herramientas en general	21
1.7.6. Herramientas manuales.....	22
1.8. Zonas de riesgo.....	23

2. PLIEGO DE CONDICIONES	25
2.1. Normativa de aplicación	25
2.1.1. Generales	25
2.1.2. Señalizaciones.....	25
2.1.3. Equipos de protección individual	25
2.1.4. Equipos de trabajo	25
2.1.5. Seguridad en máquinas	25
2.1.6. Protección acústica	26
2.1.7. Otras.....	26
2.2. Condiciones técnicas de los medios de protección	26
2.2.1. Protección personal.....	26
2.2.2. Protección colectiva.....	27
2.3. Condiciones técnicas de la maquinaria	27
2.4. Condiciones técnicas de la instalación	27
2.5. Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar	29
2.6. Organización de la seguridad	29
2.6.1. Servicios de prevención	29
2.6.2. Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.....	30
2.6.3. Formación.....	30
2.6.4. Reconocimiento médico	31
2.7. Obligaciones de las partes implicadas	31
2.7.1. De la propiedad.....	31
2.7.2. De la empresa instaladora.....	31
2.7.3. Del coordinador de seguridad y salud	31
2.8. Normas para la certificación de elementos de seguridad	32
2.9. Plan de seguridad y salud	32

1. Memoria

1.1. Objeto de este estudio

El objeto de este estudio de Seguridad y Salud, es exponer una serie de riesgos a tener en cuenta mientras se realiza la instalación, para poder prevenir posibles accidentes.

Se darán unas directrices, las cuales tendrán que cumplir la empresa instaladora encargada de la obra.

Para cumplimiento de dichas directrices se nombrará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, que ejecutará la obra de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997, en el cual se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud.

1.2. Características de la obra

1.2.1. Descripción de la obra y situación

La obra se realizará en la zona de Garafía, en la Isla de La Palma, la cual está referida a la instalación de una serie de placas solares, sobre sus respectivas estructuras soporte, así como la instalación de los elementos electrónicos necesarios para el control y regulación de la energía generada por dichas placas.

Además, se necesitará la excavación de zanjas, por las cuales irán soterrados bajo tubo los conductores de fase y tierra.

1.2.2. Problemática del solar

La parcela de terreno donde se van a instalar las estructuras soporte donde irán alojados los módulos solares, tendrá una superficie de 120 m², teniendo una pequeña inclinación inapreciable, y a una altura sobre el nivel del mar de 1100 m.

Con respecto a la composición del terreno, se clasifica como coladas basálticas alteradas.

1.2.3. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra

Presupuesto: El presupuesto de este proyecto de seguridad y salud asciende a la cantidad de MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS (1.298,30 euros €).

Plazo de ejecución: El plazo de ejecución desde el inicio de las obras hasta su finalización será de 1 semana.

Personal previsto: El número de operarios que se prevé estén simultáneamente será de un máximo de 7.

1.2.4. Identificación de los autores del Estudio de Seguridad y Salud

El autor del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es Carlos Ruiz Barreto.

1.3. Servicios higiénicos, vestuario, comedor y oficina de obra

Como la obra no es de larga duración, ni el personal que en ella habrá es muy elevado, no será necesaria la instalación de un comedor ni oficina de obra.

Lo que si se necesitará será la instalación de un inodoro portátil.

1.4. Riesgos

1.4.1. Riesgos detectables más comunes

- Caídas al mismo nivel.
- Cortes en las manos u otras partes del cuerpo.
- Contactos eléctricos indirectos y directos.

1.4.2. Medidas preventivas

- Sistemas de protección contra contactos directos e indirectos: Para evitar este tipo de contactos, lo que se debe hacer es dejar las partes activas de una instalación lo más alejadas e inaccesibles que se pueda, con el fin de evitar tocar dichas partes activas de forma accidental. Además, mientras se esté trabajando con partes activas, se tiene que cortar el suministro eléctrico.
- Sistemas de protección en cableado: Para evitar una electrocución, el cableado deberá de ser de la sección y características especificadas en la memoria, con el fin de evitar fallos en la instalación que pongan en peligro al personal de la misma. Además se tendrá en cuenta, que en los tramos que el cableado no se encuentre soterrado, deberá de ir bajo tubo, ya sea empotrado o de superficie.

- En caso de tener empalmes se deberán realizar lo más altos posible y en cajas estancas antihumedad.
- En cuanto a los interruptores se deberá de cumplir lo especificado en la memoria, instalándose en sus cajas normalizadas y con las características oportunas.
- Para los cuadros eléctricos si son tipo intemperie, serán metálicos con puerta y cerradura de seguridad según la norma UNE-20324, tendrán IP44 como mínimo y estarán conectados a tierra.
- Para las tomas de corriente irán situadas a una distancia mínima del suelo de 0,50 m y si son de tipo intemperie tendrán que ser estancas.
- En cuanto a las protecciones de los circuitos deberán de ir en el interior de un cuadro cuyas características están descritas en la memoria descriptiva del presente proyecto, y a una altura mínima del suelo.
- En cuanto a la puesta a tierra, todos los elementos metálicos de la instalación deberán de ir puestos a tierra, para evitar posibles contactos indirectos.
Para evitar posibles confusiones, este conductor de puesta a tierra, deberá tener los colores amarillo/verde para su identificación.
Además todas las características necesarias para su colocación en la instalación estarán recogidas en la memoria descriptiva del presente proyecto.
- Para el mantenimiento de la instalación, solo estará acreditado para el mismo, instaladores autorizados y preferiblemente, lo realizará la empresa encargada de la ejecución del proyecto.
Las labores de mantenimiento no se realizarán bajo ningún concepto en tensión.
- En cuanto a las zanjas que llevan el cableado, deberán de llevar una cinta indicadora de peligro eléctrico.

1.5. Fases de la ejecución de la obra

1.5.1. Cimentación

Se debe colocar la cimentación necesaria para poder instalar la estructura soporte donde se colocaran los módulos fotovoltaicos.

1.5.1.1. Riesgos en la cimentación

Los riesgos más comunes en la cimentación son los siguientes:

- Cortes u otras heridas por la ferralla.
- Dermatitis por el contacto con el hormigón.
- Contactos indirectos con partes activas.

1.5.1.2. Medidas preventivas

En el caso de esta instalación, como las cimentaciones son de pequeño tamaño, bastará con una persona controlando las tareas de hormigonado, para evitar posibles accidentes.

1.5.1.3. Prendas de protección

Para asegurar la protección del personal encargado de la realización de la obra, se deberán usar los siguientes elementos:

- Casco.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

1.5.2. Montaje de la estructura de soporte

El siguiente paso será el montaje de las estructuras de soporte, en las cuales se montarán los módulos fotovoltaicos.

Para este montaje K2 SYSTEMS nos proporciona directamente los materiales para su montaje.

1.5.2.1. Riesgos en el montaje de la estructura de soporte

Los riesgos más comunes en el montaje son los siguientes:

- Insolación o deshidratación por una exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Golpes con herramientas u otros objetos en el momento del montaje.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.

1.5.2.2. Medidas preventivas

Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, se intentará en la medida de lo posible estar bien hidratado.

Con respecto a las caídas a distinto nivel, se evitara estar en posiciones extrañas encima de la escalera.

1.5.2.3. Prendas de protección

Las prendas utilizadas en el montaje de la estructura serán las siguientes:

- Casco.
- Gafas antiproyecciones.
- En caso de utilizar soldador, yelmo de soldador y demás equipo.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

1.5.3. Montaje de los módulos fotovoltaicos

Una vez realizadas las estructuras metálicas, se procederá a la colocación de los módulos fotovoltaicos.

Para esta tarea será necesaria una pequeña grúa para elevar dichos paneles a cierta altura.

1.5.3.1. Riesgos en el montaje de los módulos fotovoltaicos

Los riesgos más comunes en el montaje de los módulos son los siguientes:

- Caídas a distinto nivel de las escaleras.
- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpes por el módulo fotovoltaico.
- Accidente por caída del módulo fotovoltaico desde cierta altura.
- Cortes u otras heridas por herramientas.
- Insolación o deshidratación por una exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Quemaduras, por posible utilización de equipos de soldadura.

1.5.3.2. Medidas preventivas

Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, se intentará en la medida de lo posible estar bien hidratado.

Con respecto a las caídas a distinto nivel, se evitara estar en posiciones extrañas encima de la escalera.

Para evitar golpes del brazo de la grúa o accidentes por la caída del panel desde cierta altura, se prohibirá realizar trabajos cerca de la grúa y sobre todo se prohibirá la colocación de personal debajo de los paneles cuando la grúa este trabajando.

Además, se deberá de comprobar la buena sujeción de los paneles a la grúa.

1.5.3.3. Prendas de protección

Las prendas utilizadas para la prevención de accidentes mientras se montan los módulos fotovoltaicos sobre las estructuras, son los siguientes:

- Casco.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

1.5.4. Montaje de los elementos solares

Una vez colocados lo paneles solares, se realizará el montaje de los elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación solar, como son las baterías, el inversor, los reguladores de carga y las protecciones necesarias.

1.5.4.1. Riesgos en el montaje de los elementos solares

Los riesgos más comunes en el montaje son los siguientes:

- Electrocción.
- Heridas por la utilización de herramientas.

1.5.4.2. Medidas preventivas

Para evitar la electrocción, se tendrá que utilizar unos guantes aislantes y además, en ningún caso se trabajará bajo tensión.

1.5.4.3. Prendas de protección

Las prendas utilizadas para la prevención d riesgos mientras se montan los elementos fotovoltaicos son los siguientes:

- Casco.
- Protectores auditivos.
- Gafas antiproyecciones.
- Guantes aislantes.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

1.5.5. Colocación del cableado y conexionado

Por último se colocará el cableado por los conductos habilitados para tal fin y posteriormente se realizará el conexionado de los elementos.

1.5.5.1. Riesgos en la colocación del cableado

Los riesgos más comunes en la introducción del cableado o conexionado son los siguientes:

- Heridas o cortes por la utilización de herramientas.
- Electrocutión.
- Entrada en los ojos de cuerpos extraños.

1.5.5.2. Medidas preventivas

Para evitar heridas en manos, se utilizará unos guantes de material aislante.

Para evitar la electrocución en ningún caso se realizarán las labores de colocación de cable o conexionado de equipos bajo tensión, dejando en el cuadro eléctrico un letrero que indique que existe personal trabajando.

1.5.5.3. Prendas de protección

Las prendas utilizadas en la colocación de cableado serán las siguientes:

- Gafas de protección.

- Ropa de trabajo.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.

1.6. Medios auxiliares

1.6.1. Grúa

La grúa será necesaria para la elevación y colocación de los paneles sobre las estructuras de soporte.

1.6.1.1. Riesgos de utilización de la grúa

Los riesgos más comunes por la utilización de la grúa son los siguientes:

- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpe por la carga.
- Desplome de los paneles desde cierta altura.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Cortes.
- Contactos directos e indirectos.

1.6.1.2. Medidas preventivas

La única medida que se debe tener en cuenta es situarse a cierta distancia de la grúa mientras esta esté realizando trabajos, y en ningún caso se permitirá a los operarios pasar por debajo de la grúa mientras esta sostenga carga.

Se prohíbe el transporte de personal mediante el gancho de la grúa.

Al finalizar cualquier periodo de trabajo, la pluma se maniobrá para dejarla recogida detrás de la cabina del conductor. Además, los mandos de maniobra se dejarán en la posición inicial.

Se prohíbe, que mientras el gruista esté trabajando con la pluma, este se apoye en el camión para evitar caídas que provoquen un accidente por mal manejo de los mandos.

El gruista no deberá realizar ajustes en el cuadro de maniobra, sino que avisará de las posibles anomalías al servicio de prevención.

No permitir el uso del cuadro de maniobra de la grúa a personas no autorizadas.

En ningún caso se seguirá usando la grúa si se detectan anomalías.

No intentar izar cargas que estén sujetas al suelo, debido a que se puede producir el vuelco del camión grúa.

No intentar arrastrar por el suelo cargas, dejando el cable con tensiones inclinadas, puede provocar el vuelco del camión grúa.

Para el manejo de maquinaria pesada, no se debe de haber ingerido ningún tipo de bebida alcohólica.

No balancear las cargas.

No dejar suspendidas las cargas durante un periodo prolongado de tiempo, para evitar posibles fallos en los engranajes de la grúa.

Fijar bien las cargas para evitar que se desprendan.

1.6.2. Escaleras

Al ser una instalación pequeña, no será necesario la colocación de andamios, pero si de escaleras de mano para realizar trabajos a distintos niveles.

1.6.2.1. Riesgos de utilización de la escalera

Los riesgos más comunes por la utilización de escaleras son simplemente las caídas a distinto nivel.

También se puede producir una rotura por defectos internos.

1.6.2.2. Medidas preventivas

Para evitar las caídas a distinto nivel se deberá de colocar la escalera sobre un terreno regular y en caso de no tener esta opción, dejar la escalera lo más estable posible.

Se prohibirá terminantemente estar en posturas extrañas encima de la escalera que puedan desestabilizar la misma.

1.6.3. Grupo electrógeno

Se dispondrá de un grupo electrógeno para la realización de trabajo que necesite de maquinaria eléctrica, debido a la inexistencia de otro suministro eléctrico.

1.6.3.1. Riesgos de utilización del grupo electrógeno

Los riesgos más comunes por la utilización del grupo electrógeno son los siguientes:

- Atrapamiento por las partes móviles del grupo electrógeno.
- Quemaduras por el calentamiento del equipo.

1.6.3.2. Medidas preventivas

Incorporar una pantalla de seguridad para evitar atrapamiento por las partes móviles.

Dejar el grupo electrógeno fuera del alcance del personal, para evitar contactos involuntarios.

1.7. Maquinaria de obra

1.7.1. Maquinaria en general

1.7.1.1. Riesgos de utilización de maquinaria

Los riesgos más comunes por la utilización de maquinaria los siguientes:

- Vuelcos.
- Hundimientos del terreno.
- Formación de atmósferas agresivas tanto para el personal como para los aparatos.
- Ruido.
- Incendio y explosiones.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Cortes.
- Atropellos.
- Golpes.
- Atrapamientos.

1.7.1.2. Medidas preventivas

Los motores con transmisión de ejes y poleas, estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos.

Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento o componente de una maquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada al suministro eléctrico.

Todos los engranajes deberán de llevar una carcasa protectora antiatrapamiento.

La maquinaria averiada será retirada al momento para evitar posibles accidentes por su uso o porque molesten al tráfico de las demás maquinarias.

Se prohibirá la manipulación y operaciones de ajuste de arreglo de máquinas al personal no especializado específicamente en la maquina objeto de reparación.

Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de cierta maquinaria.

Las maquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran sobre elementos nivelados y firmes.

La elevación o descenso a máquina de objetos, se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical.

Los ángulos sin visión de la trayectoria de la carga, se suplirán mediante operarios que utilizarán señales preacordadas.

Se prohíbe que el personal se encuentre cerca de la maquinaria mientras esta lleve suspendida una carga.

1.7.1.3. Prendas de protección

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.
- Protector auditivo.
- Gafas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

1.7.2. Camión basculante

1.7.2.1. Riesgos por el uso de camión basculante

Los riesgos más comunes que se pueden presentar mientras se usa el camión basculante son los siguientes:

- Atropellos.
- Vuelcos.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos.

- Enterramientos.
- Choques contra otros vehículos.

1.7.2.2. Medidas preventivas

Al empezar la jornada laboral se comprobará el buen estado de estos vehículos.

La comprobación y mantenimiento de los vehículos se realizará siempre con el motor apagado.

La circulación por el interior de la obra se realizará siempre guiada por personal de la obra para evitar accidentes.

Se prohibirá, que mientras la rampa del camión esté en funcionamiento, el personal este alejado de la zona de carga o descarga, para evitar enterramientos y atrapamientos.

1.7.2.3. Prendas de protección

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

1.7.3. Otros

En este punto se recogerán algunas medidas preventivas para casos que no se hayan tenido en cuenta en los puntos anteriores.

1.7.3.1. Medidas preventivas

Se prohibirá circular por pendientes superiores al 20% con el vehículo cargado.

Establecer unas vías de circulación cómoda y libre de obstáculos para la maquinaria.

Cuando se deje estacionado el vehículo se parara el motor y se accionara el freno de mano. Además, si esta en pendiente se calzaran las ruedas.

Se revisará la caga antes de iniciar la marcha observando su correcta disposición y que no provoque desequilibrio en el vehículo.

Las cargas serán las apropiadas según el tipo de vehículo.

Se prohíbe que las piezas que se transporten sobresalgan lateralmente para evitar golpes.

Dentro del recinto de la obra no se podrá circular a más de 15 km/h.

Nunca se parará el motor del vehículo utilizando la palanca del descompresor.

1.7.3.2. Prendas de protección

Un resumen de todas las prendas utilizadas en la obra es el siguiente:

- Casco.
- Gafas protectoras.
- Protectores auditivos.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.
- Ropa para tiempo lluvioso.
- Chalecos reflectantes para labores nocturnas.

1.7.4. Soldadura con arco eléctrico

Puede darse el caso que se necesite la unión de piezas mediante soldadura, para reforzar dicha unión.

1.7.4.1. Riesgos mientras se realiza la soldadura

Los riesgos más comunes cuando se realiza el trabajo de soldadura son los siguientes:

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos.
- Quemaduras.
- Explosión.
- Incendio.
- Introducción de cuerpos extraños en los ojos.
- Cortes.
- Los derivados por inhalación de vapores metálicos.
- Insolación o deshidratación.
- Contactos con energía eléctrica.

- Proyección de partículas.

1.7.4.2. Medidas preventivas

La soldadura se realizará siempre usando una máscara protectora para evitar quemaduras oculares y la introducción de cuerpos extraños en los ojos.

No se fumará en ningún caso mientras se realice la soldadura.

Se suspenderán los trabajos en intemperie bajo lluvia.

Se prohíbe la utilización de portaelectródos deteriorados.

Cada cierto tiempo se parará para hidratarse, si se ha estado expuesto al sol durante un tiempo prolongado.

No se mirará al arco eléctrico directamente para evitar quemaduras en los ojos.

La radiación del arco eléctrico es perniciosa para la salud, por tanto se deberá de utilizar el yelmo del trabajador siempre que se realicen trabajos de soldadura.

No tocar las piezas recién soldadas.

Se realizará la soldadura en un lugar bien ventilado.

Antes de comenzar la soldadura, se comprobará que no hay personas en la vertical de su puesto de trabajo para evitar quemaduras fortuitas.

No se dejará la pinza de soldadura directamente en el suelo.

Comprobar que el equipo está correctamente conectado a tierra.

Desconectar el equipo de soldadura completamente al finalizar cada turno de trabajo.

1.7.4.3. Prendas de protección

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.
- Yelmo de soldador.
- Pantalla de protección de sustentación manual.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Polainas de cuero.
- Mandil de cuero.

1.7.5. Herramientas en general

En el siguiente apartado se tendrá en cuenta toda herramienta que necesite de energía eléctrica para funcionar.

1.7.5.1. Riesgos de utilización de herramientas eléctricas

Los riesgos más comunes son los siguientes:

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos hacia los ojos.
- Caída de objetos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Atmosferas polvorientas.

1.7.5.2. Medidas preventivas

La maquinaria eléctrica que se utilice estará bien aislada para evitar los contactos directos con la electricidad.

Los motores y engranajes de estas herramientas eléctricas, estarán protegidos mediante una carcasa antiatrapamientos.

Cuando se detecte cualquier anomalía en el funcionamiento de las herramientas eléctricas se comunicará al encargado de prevención de riesgos.

La herramienta eléctrica con capacidad de corte, tendrá una pantalla que protegerá al usuario de la misma de proyecciones de objetos.

En ambientes húmedos, la alimentación para las herramientas eléctricas se realizará mediante conexión de transformadores a 24V.

Se prohíbe el uso de herramientas eléctricas por el personal no autorizado.

Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual.

Al finalizar cada turno de trabajo se desconectaran de la alimentación todas las herramientas eléctricas.

1.7.5.3. Prendas de protección

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.
- Protector auditivo.
- Gafas antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo.

1.7.6. Herramientas manuales

Se entiende como herramientas manuales, todas aquellas que no necesitan de servicio eléctrico para su funcionamiento, tales como martillos, destornilladores, etc.

1.7.6.1. Riesgos de utilización de herramientas manuales

Los riesgos más comunes son los siguientes:

- Golpes en manos y pies.
- Cortes en las manos.
- Proyección de partículas.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

1.7.6.2. Medidas preventivas

Las herramientas serán utilizadas para las tareas para las que se han sido diseñadas.

Antes de su uso se revisará el buen estado de las mismas.

Se mantendrán limpias.

Mientras se estén utilizando se evitará dejarlas en el suelo.

1.7.6.3. Prendas de protección

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.

- Gafas de protección.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.

1.8. Zonas de riesgo

Este apartado tiene por objeto la definición de las posibles zonas en las que se pueden encontrar los trabajadores de la obra. La relación de las zonas que se pueden dar en una obra son las siguientes:

1. Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o en el entorno del puesto de trabajo.
2. Trabajos en los que la explosión y los agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
3. Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para las que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
4. Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
5. Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
6. Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos.
7. Trabajos realizados en inmersión de equipo subacuático.
8. Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
9. Trabajos que implique el uso de explosivos.
10. Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

2. Pliego de Condiciones

2.1. Normativa de aplicación

2.1.1. Generales

- ❖ Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- ❖ Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- ❖ Ordenanzas municipales.

2.1.2. Señalizaciones

- ❖ R.D. 485/97, del 14 de abril, Disposiciones Mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.

2.1.3. Equipos de protección individual

- ❖ R.D. 1407/1992, modificado por el R.D. 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual-EPI.
- ❖ R.D. 773/1997, del 30 de mayo, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.

2.1.4. Equipos de trabajo

- ❖ R.D. 1215/1997. Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

2.1.5. Seguridad en máquinas

- ❖ R.D. 1435/1992, modificado por R.D. 56/1995, dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo Europeo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
- ❖ R.D. 1495/1986, modificado por R.D. 830/1991, aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- ❖ Orden del Ministerio de Industria 23/05/1977 modificada por Orden de 07/03/1981, Reglamento de aparatos elevadores para obra.

2.1.6. Protección acústica

- ❖ R.D. 1316/1989, del Mº de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- ❖ R.D. 245/1989 del Ministerio de Industria y Energía. Determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- ❖ Orden del Ministerio de Industria. Modificación del R.D. 245/1989.
- ❖ Orden del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989.
- ❖ R.D. 71/1992, del Ministerio de Industria. Se amplía el ámbito de aplicación del Real Decreto 245/1989 y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- ❖ Orden del Ministerio de Industria y Energía. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989.

2.1.7. Otras

- ❖ R.D. 487/1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.
- ❖ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.

2.2. Condiciones técnicas de los medios de protección

Todas las prendas de protección tendrán fijado un periodo de vida útil, las cuales deberán de ser sustituidas por otras, transcurrido dicho tiempo.

Cuando se produzca un deterioro más rápido por razones especiales de trabajo, también se sustituirán las prendas de protección por otras en buen estado.

La utilización de una prenda de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1. Protección personal

Todo elemento de protección personal estará homologado y con la correspondiente marca de la Unión Europea.

En aquellos casos en que no exista la citada marca de la Unión Europea, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

El encargado de la prevención de riesgos laborales dispondrá en cada uno de los trabajos en la obra la utilización de las prendas de protección adecuadas.

El personal de obra deberá ser instruido sobre la utilización de cada una de las prendas de protección individual, que se proporcionen.

2.2.2. Protección colectiva

Al ser una obra pequeña, la utilización de protección colectiva tales como redes, barandillas, etc... no serán necesarias.

2.3. Condiciones técnicas de la maquinaria

Las máquinas con ubicación fija en la obra, tal y como es la hormigonera, serán instaladas por personal competente y debidamente autorizado.

El mantenimiento y reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo del personal autorizado, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante.

Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro de incidencias de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas máquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas con profundidad por personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Las máquinas con ubicación variable, tales como el equipo de soldadura, deberán de ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo del servicio de prevención la realización del mantenimiento de las máquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El personal encargado del uso de las máquinas empleándose en obra deberá estar debidamente autorizado para ello, proporcionándosele las instrucciones concretas de uso.

2.4. Condiciones técnicas de la instalación

La instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los Planos, debiendo ser realizados por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y norma UNE 21.027.

Todos los conductores que presenten defectos superficiales serán rechazados.

Los conductores de la instalación se identificarán con los colores normalizados para evitar accidentes:

- Azul claro: Neutro.
- Amarillo/verde: Conductor de tierra.
- Marrón/Negro/Gris: Conductores de fase en alterna.
- Negro/Rojo: Conductores de fase en continua.

En los cuadros, tanto principales como secundarios, se dispondrán todos aquellos aparatos de mando, protección y maniobra para la protección contra sobrecargas (sobrecarga y cortocircuitos) y contra contactos directos e indirectos, tanto en los circuitos de alumbrado como de fuerza.

Dichos dispositivos se instalarán en los orígenes de los circuitos así como en los puntos en los que la intensidad admisible disminuya, por cambiar la sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

Los dispositivos a instalar son los siguientes:

- Un interruptor automático general magnetotérmico que permita su accionamiento manual.
- Dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Estos dispositivos son interruptores automáticos magnetotérmicos. La capacidad de corte de estos interruptores será inferior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores tendrán los polos correspondientes al número de fases del circuito que protegen y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las intensidades máximas admisibles en los conductores del circuito que protegen.

- En los circuitos de los distintos cuadros, se colocarán placas indicadoras de los circuitos a que pertenecen, así como dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y la alimentación directa a los receptores.

2.5. Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar

Considerando la poca ocupación simultánea de la obra, bastará con la instalación de un inodoro portátil en la obra.

Además, en la obra se contará con un botiquín de primeros auxilios.

Se dispondrá cerca del botiquín de un cartel claramente visible en el que se indiquen todos los números de urgencia.

Los mencionados botiquines estarán al cargo de personas capacitadas, designadas por la empresa.

Se revisará al iniciar la obra su contenido y se repondrá lo que falte.

El contenido mínimo del botiquín será: Agua oxigenada, alcohol sanitario, yodo, algodón, gasa estéril, mercurocromo, vendas, esparadrapo, antisépticos, guantes esterilizados, jeringuilla y termómetro.

Todas las incidencias dentro de la obra deberán de ser registradas en el libro de incidencias.

2.6. Organización de la seguridad

2.6.1. Servicios de prevención

El encargado de la empresa instaladora, deberá de nombrar a una persona encargada en la obra del cumplimiento de lo señalado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El trabajador designado deberá de tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y los medios precisos, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos al que están expuestos los trabajadores.

Los servicios de prevención deberán de estar en condiciones proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgos en ella existentes y en lo referente a:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.

- La información y formación de los trabajadores.
- La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El servicio de prevención tendrá un carácter interdisciplinario, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir las funciones. Para ello, la formación, capacitación y dedicación de estos servicios así como sus recursos técnicos deberán de ser suficientes y adecuados a las actividades preventivas a desarrollar, en función de las siguientes circunstancias:

- Tamaño de la empresa.
- Tamaño de la obra.
- Tipos de riesgo, expuestos en apartados anteriores.
- Distribución de los tipos de riesgo en la obra.

2.6.2. Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra

El contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de las que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia.; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.

El contratista debe de tener contratado por obligación un seguro a modo de todo riesgo.

2.6.3. Formación

Todo el personal que realice su cometido en las fases de cimentación o montaje de estructuras, deberá de realizar un curso de Seguridad y Salud.

Estos cursos serán impartidos por los elegidos como Coordinador de Seguridad y Salud por la empresa instaladora.

La empresa en conjunto con el Coordinador, debe preocuparse por que sus trabajadores tengan buena formación en seguridad, específicamente en la tarea que se va a realizar.

2.6.4. Reconocimiento médico

Para la contratación de nuevo personal dentro de una empresa, será imprescindible que se someta a un reconocimiento médico para conocer el estado inicial de la salud de la persona.

Este examen médico tendrá una periodicidad máxima de un año y medio.

2.7. Obligaciones de las partes implicadas

2.7.1. De la propiedad

El propietario tiene la obligación de incluir este Estudio de Seguridad y Salud como parte del proyecto de la instalación.

Del mismo modo, abonará a la empresa instaladora las partidas incluidas en el presupuesto.

2.7.2. De la empresa instaladora

La empresa instaladora se verá obligada a cumplir todas las directrices marcadas en el presente estudio de Seguridad y Salud.

Todas las incidencias se recogerán en el libro de incidencias. Si alguna de estas incidencias fuera por negligencia en lo conveniente a lo expuesto en este estudio de Seguridad y Salud, se podrían tomar medidas legales.

Por otro lado, la empresa instaladora, cumplirá las estipulaciones preventivas del Estudio y Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente a los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratas.

2.7.3. Del Coordinador de Seguridad y Salud

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra será el encargado de que se cumplan todas las directrices de prevención de riesgos expuestos en el presente documento.

Con cierta periodicidad, según se pacte de antemano, se realizarán certificados del presupuesto de Seguridad y Salud, poniendo en conocimiento de la propiedad y de los organismos competentes, el cumplimiento del Estudio de Seguridad y Salud.

2.8. Normas para la certificación de elementos de seguridad

Junto a la certificación de ejecución se extenderá la valoración de las partidas que, en material de seguridad, se hubiese realizado en la obra; la valoración se hará conforme a este Estudio y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad.

2.9. Plan de Seguridad y Salud

La empresa instaladora estará obligada a redactar un Plan de Seguridad y Salud, adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

Este Plan de Seguridad y Salud deberá de contar con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de la obra.

Una copia del Plan deberá de entregarse al Servicio de Prevención y en el caso de que existiera, a las subcontratas.



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

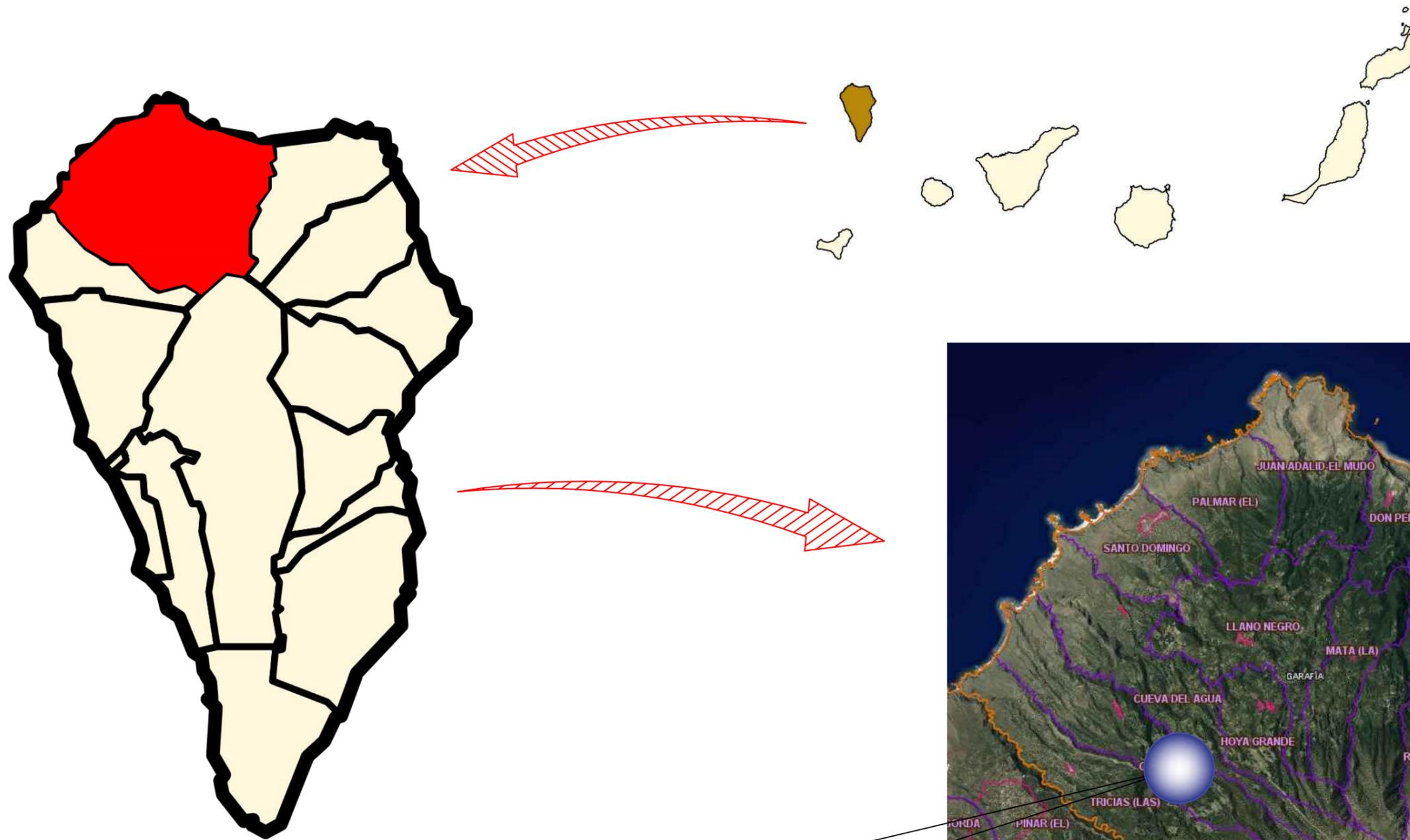
AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

PLANOS

ÍNDICE

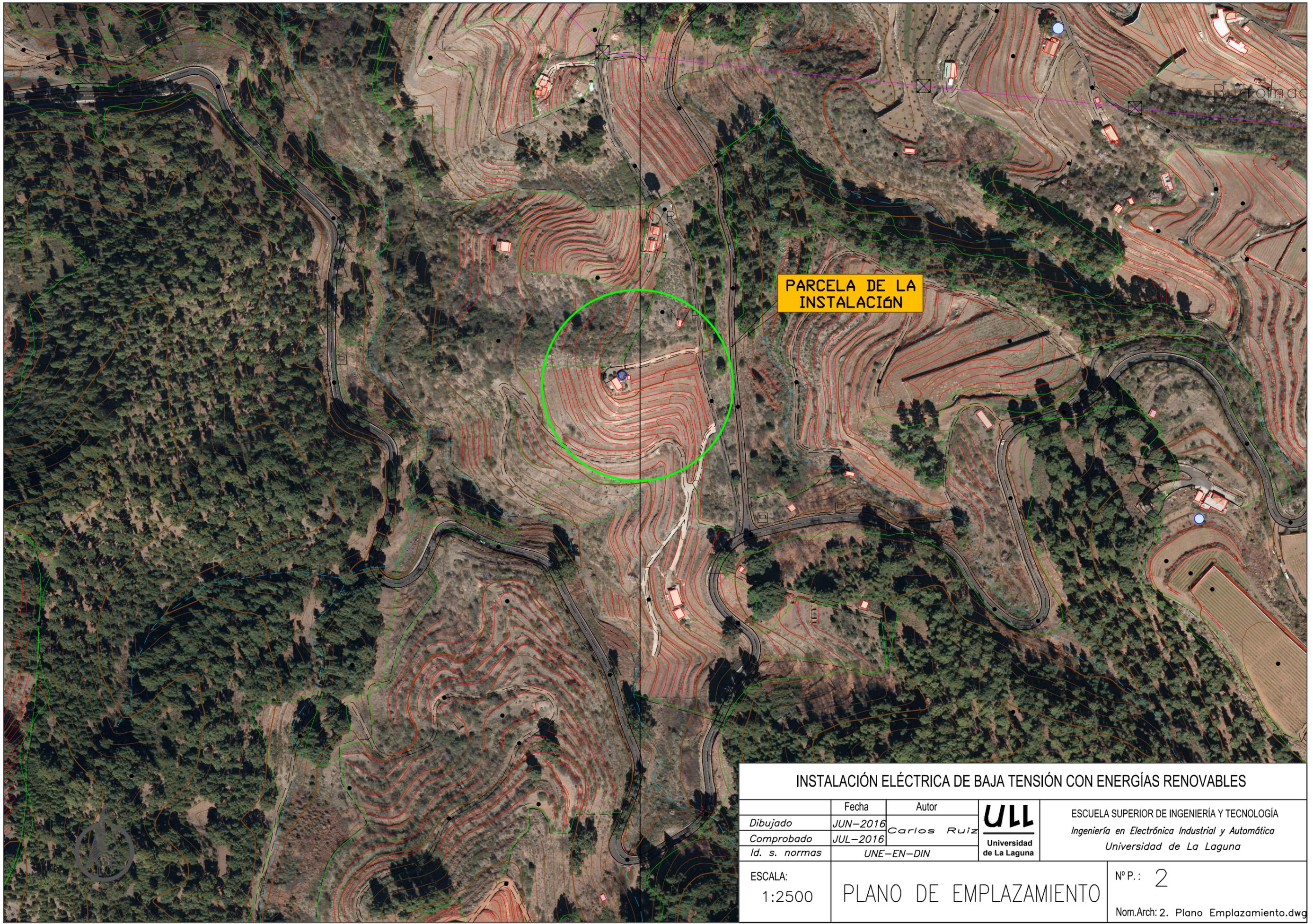
- 1. PLANO DE SITUACIÓN**
- 2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO**
- 3. PLANO DE PLANTA**
- 4. ESQUEMA UNIFILAR**
- 5. ESQUEMA MULTIFILAR**



**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN
CON ENERGÍAS RENOVABLES**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

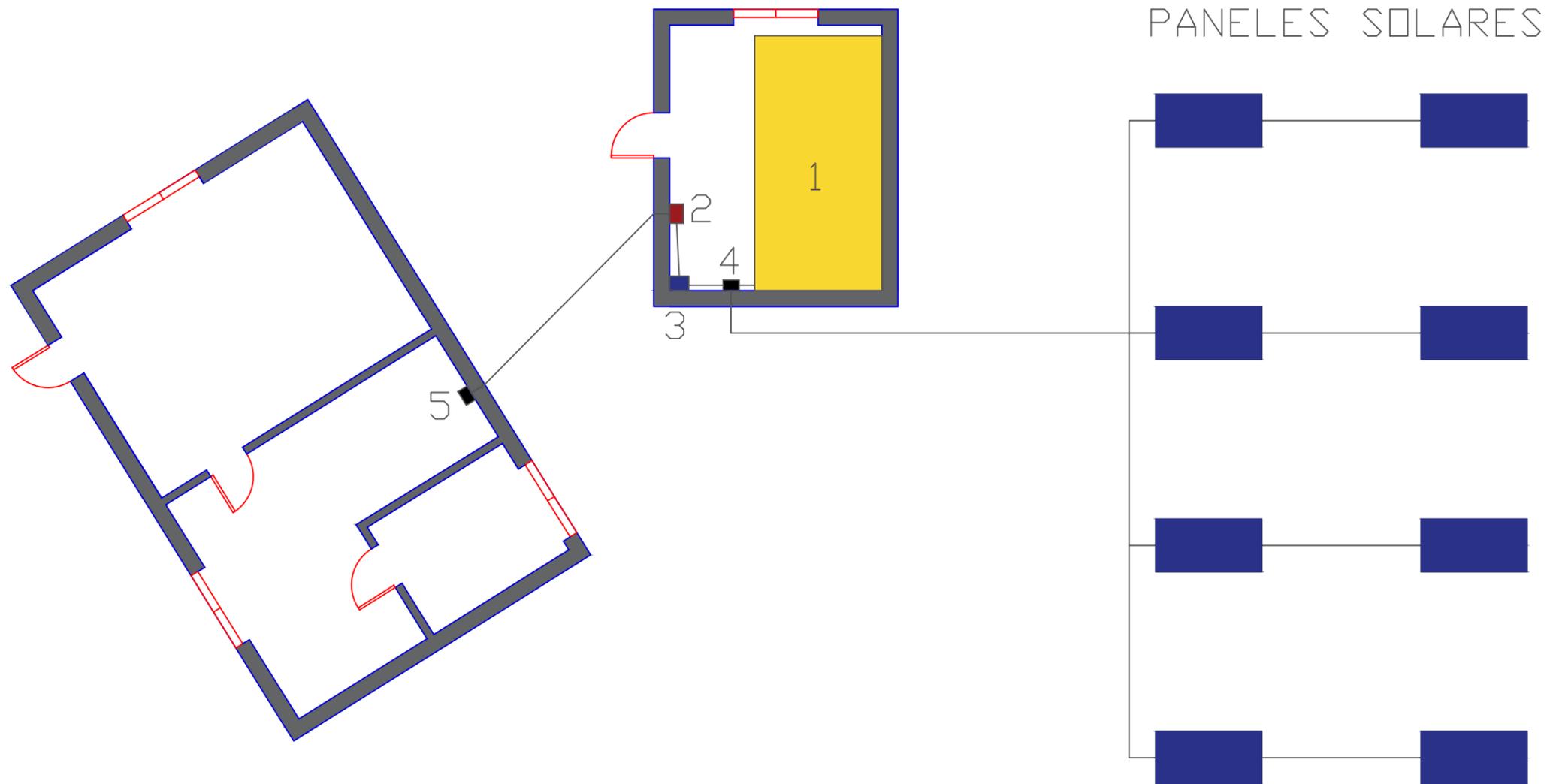
	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Dibujado	JUN-2016	Carlos Ruiz		
Comprobado	JUL-2016			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	PLANO DE SITUACIÓN			Nº P.: 1
				Nom.Arch: 1. Plano Situación.dwg



PARCELA DE LA
INSTALACIÓN

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

Dibujado	Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Comprobado	JUN-2016	Carlos Ruiz		
Id. s. normas	JUL-2016	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	PLANO DE EMPLAZAMIENTO		Nº P.: 2	
1:2500			Nom.Arch: 2. Plano Emplazamiento.dwg	

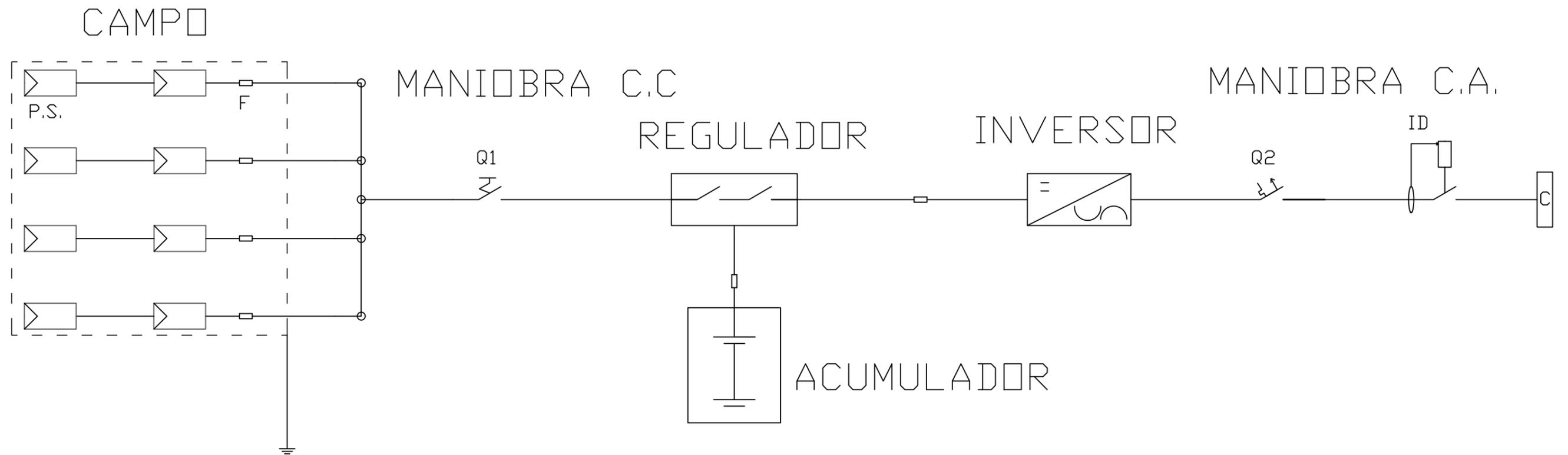


LEYENDA

1 ACUMULADOR	4 MANDO Y PROTECCIÓN DE CONTINUA
2 INVERSOR	5 MANDO Y PROTECCIÓN DE ALTERNA
3 REGULADOR	

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

	Fecha	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Dibujado	JUN-2016	Carlos Ruiz		
Comprobado	JUL-2016			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:100	PLANO DE PLANTA GENERAL			Nº P.: 3
				Nom.Arch: 3. Plano Planta.dwg

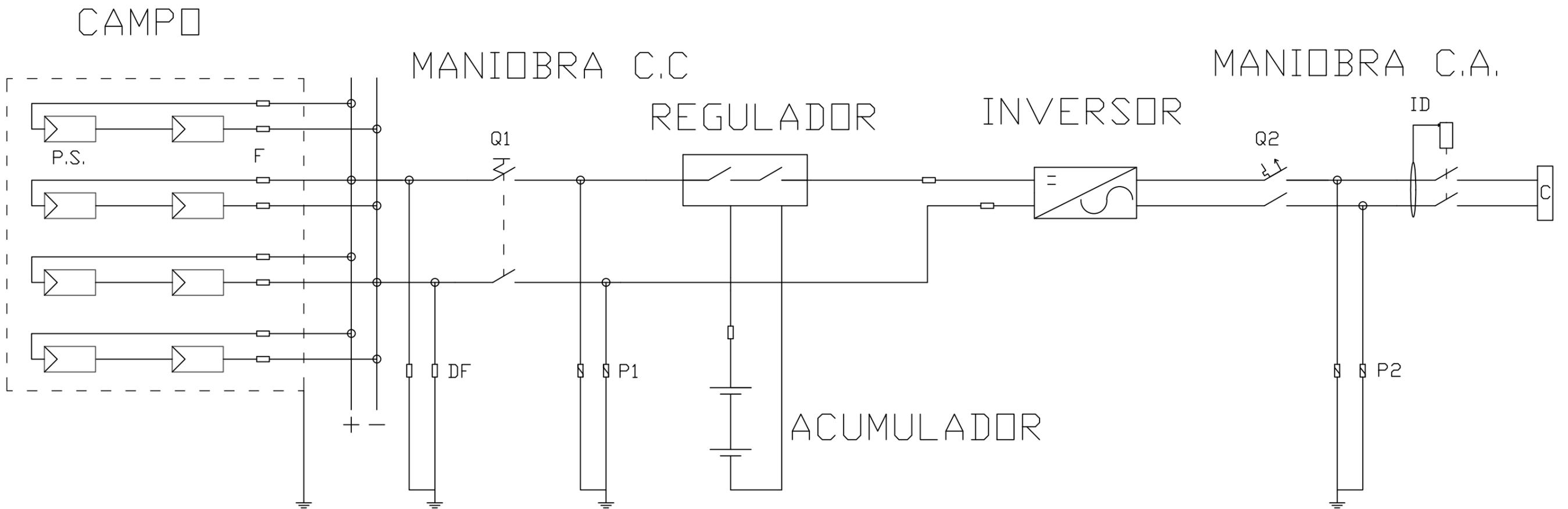


LEYENDA

P.S.	PANEL SOLAR	ID	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
F	FUSIBLE	C	CARGAS DE LA VIVIENDA
Q1	SECCIONADOR C.C		
Q2	INTERRUPTOR MANIOBRA C.A		

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Dibujado	JUN-2016	Carlos Ruiz	
Comprobado	JUL-2016		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: S/E	ESQUEMA UNIFILAR		Nº P.: 4 Nom.Arch: 4. Esquema Unifilar.dwg



LEYENDA

P.S.	PANEL SOLAR	P1	PROTECTOR SOBRETENSIONES C.C
F	FUSIBLE	P2	PROTECTOR SOBRETENSIONES C.A
Q1	SECCIONADOR C.C	ID	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
Q2	INTERRUPTOR MANIOBRA C.A	C	CARGAS DE LA VIVIENDA
DF	DETECTOR FUGAS		

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

Dibujado	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática Universidad de La Laguna
Comprobado	JUN-2016	Carlos Ruiz	
Id. s. normas	JUL-2016	UNE-EN-DIN	

ESCALA:
S/E

ESQUEMA MULTIFILAR

Nº P.: 5

Nom.Arch: 5. Esquema Multifilar.dwg



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

ÍNDICE

1. OBJETO Y GENERALIDADES	7
2. LEGISLACIÓN APLICABLE	7
3. RESPONSABILIDADES	9
4. EJECUCIÓN DE LA OBRA	9
4.1. Pasos para la ejecución de la obra	9
4.2. Comienzo de la obra y plazo de ejecución	10
4.3. Obra defectuosa	10
4.4. Recepción de la instalación	10
4.5. Conservación de la instalación	11
4.6. Medios auxiliares	11
4.7. Libro de órdenes	11
4.8. Libro de incidencias	11
5. MODIFICACIONES DEL PROYECTO	12
6. DISEÑO	12
6.1. Orientación, inclinación y sombras	12
6.2. Dimensionado del sistema	12
7. COMPONENTES Y MATERIALES	13
7.1. Generalidades	13
7.2. Módulos fotovoltaicos	14
7.3. Estructura soporte	14
7.4. Acumuladores de plomo-ácido	15
7.5. Reguladores de carga	16
7.6. Inversor	18
7.7. Cargas	19
7.8. Cableado	20
7.9. Protecciones y puesta a tierra	20

8. MANTENIMIENTO	21
8.1. Aspectos generales	21
8.2. Mantenimiento de los componentes de la instalación	22
8.2.1. Inversores.....	22
8.2.2. Reguladores	23
8.2.3. Acumuladores	23
8.2.4. Cableado y canalizaciones.....	24
8.2.5. Protecciones.....	24
8.2.6. Puesta a tierra.....	25
8.2.7. Estructura soporte	25
8.2.8. Paneles solares	26
9. GARANTÍA	26
9.1. Ámbito general	26
9.2. Plazos	26
9.3. Condiciones económicas	27
9.4. Anulación de la garantía	27
9.5. Lugar y tiempo de la prestación	27

1. Objeto y generalidades

El objetivo del presente documento es, indicar las características mínimas que debe cumplir la instalación. Además pretende servir de guía a la empresa instaladora y fabricantes, describiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir esta instalación para asegurar una cierta calidad, en beneficio del usuario.

El ámbito de la aplicación del Pliego de Condiciones hará objeto a la instalación, a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la vivienda rural.

En determinadas situaciones se podrán adoptar, por la propia naturaleza de cada situación, diferentes soluciones a las mencionadas en este Pliego de Condiciones Técnicas, siempre que quede justificada su necesidad y que no implique una disminución de las exigencias mínimas de calidad.

Este Pliego de Condiciones Técnicas, está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de la energía solar en el ámbito del plan de energías renovables.

Este documento garantizará lo siguiente:

- Asegura la continuidad del suministro.
- La calidad y durabilidad de la instalación.
- Instalación segura para los usuarios.
- Que cumpla la normativa vigente en el ámbito de las energías renovables.
- Promoción de las energías renovables como fuente de energía alternativa.

2. Legislación aplicable

Las leyes y normativas en las cuales se basa el presente proyecto, y por las cuales se definirán las características técnicas de los elementos de la instalación y la calidad mínima de la misma son 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.

En cuanto al ámbito de Seguridad y Salud para el desarrollo de la obra, la legislación es la siguiente:

- Ley 31/1995 sobre la Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 485/97, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 1407/1992, modificado por el R.D. 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual – EPI.
- R.D. 773/1997, del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 1215/1997, disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 1435/1992, modificado por R.D. 56/1995, dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo Europeo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
- R.D. 1495/1986, modificado por R.D. 830/1991, aprueba el reglamento de seguridad en las máquinas.
- R.D. 1316/1989, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaria del Gobierno, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 245/1989, del Ministerio de Industria y Energía, sobre determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía modificando R.D. 245/1989.
- Orden del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, modificación del Anexo I del R.D. 245/1989.
- R.D. 77/1992, del Ministerio de Industria, sobre ampliar el ámbito de aplicación del R.D. 245/1989, y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.

- R.D. 487/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

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 de Seguridad y Salud”.

4. Ejecución de la obra

La instalación solar fotovoltaica tendrá que ubicarse en los espacios indicados para la misma.

El Director de la Obra tendrá que indicar todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del encargado por la empresa instaladora.

La empresa contratada para la ejecución de la obra será la encargada de suministrar todos los materiales indicados en el Presupuesto para la correcta ejecución de la obra.

Todos estos materiales serán de primera calidad, tal y como se deberá dejar constancia en el momento de firmar el acuerdo entre la empresa instaladora y el usuario.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, la empresa contratada obtendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Director de la Obra, quien decidirá qué hacer.

En ningún caso se suplirá la falta de material sin indicarlo previamente.

4.1. Pasos para la ejecución de la obra

Los pasos para la ejecución de la obra serán los siguientes:

- ❖ Montaje de las estructuras soporte.

- ❖ Montaje de los módulos fotovoltaicos sobre las estructuras soporte.
- ❖ Montaje de los elementos solares dentro de los cuartos habilitados para tal fin.
- ❖ Colocación del cableado y su correspondiente conexionado.

4.2. Comienzo de la obra y plazo de ejecución

El comienzo de la obra será el estipulado por la empresa instaladora y el propietario de la instalación final.

El plazo de ejecución de la obra también será el estipulado por ambas partes.

En caso de que no se cumplan los plazos de comienzo o de ejecución, el propietario de la instalación será indemnizado por el retraso en lo acordado.

4.3. Obra defectuosa

Cuando la persona que haya contratado la obra halle alguna cosa en particular que no se ajuste con el presente proyecto, esto se le comunicará al Director de Obra, el cuál tomará las medidas necesarias para satisfacer la demanda del propietario, ya sea mediante un acuerdo económico, o bien con la sustitución de dicho elemento por otro, ampliando o no el plazo de entrega provisional de la instalación.

4.4. Recepción de la instalación

Una vez terminada la obra, se procederá a una recepción de obra provisional, la cual no se hará del todo efectiva hasta pasar una serie de pruebas técnicas que indiquen, tanto el buen funcionamiento de la misma, como el cumplimiento de los aspectos de seguridad y salud necesarios para evitar accidentes que pongan en peligro la integridad de los usuarios de la misma.

Las pruebas mínimas a realizar por la empresa instaladora para llevar a cabo la entrega final de la obra será:

- ❖ Funcionamiento y puesta en marcha del sistema. La instalación tendrá que estar funcionando un mínimo de 240 horas seguidas sin interrupciones ni fallos.
- ❖ Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad, especialmente en las baterías.

Al finalizar la obra, el instalador entregará al propietario de la instalación un documento/albarán, en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación.

Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada uno un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en castellano.

La empresa instaladora estará obligada, antes de retirarse de la instalación, a realizar una limpieza de las zonas ocupadas y una retirada de la obra del material sobrante.

4.5. Conservación de la instalación

La empresa contratada por el propietario de la instalación, se verá obligada a mantener en buen estado los elementos que se encuentren en esa instalación y los que se vayan instalando hasta la fecha de recepción de la instalación provisional.

Si algún trabajador de la empresa contratada provocará algún daño sobre algún elemento de la instalación, este deberá de ser repuesto por parte de la empresa instaladora.

4.6. Medios auxiliares

Se considerarán medios auxiliares, a todos aquellos equipos o máquinas necesarias para la correcta ejecución de la obra, tales como son grúas, andamios, camiones basculantes, grupo electrógeno, etc.

Todos estos medios auxiliares correrán a cuenta de la empresa contratada sin modificar el precio del Presupuesto acordado inicialmente.

4.7. Libro de órdenes

El encargado de la obra dispondrá de un Libro de Órdenes para indicar las instrucciones necesarias para la correcta interpretación del Proyecto, y de las contingencias que se produzcan en las obras.

El encargado de la obra asumirá la interpretación técnica de las mismas y que, según la ley, se deben seguir para mantener un cierto grado de calidad y seguridad mínimas.

4.8. Libro de incidencias

El Coordinador de Seguridad y Salud designado por la empresa instaladora, tendrá que disponer de un Libro de Incidencias, en el cual se anotarán todos los accidentes y el motivo de

los mismos, así como las penalizaciones a los trabajadores por alguna falta en el ámbito de seguridad y salud.

5. Modificación del proyecto

La empresa contratada para la realización de la obra, estará obligada a realizar las modificaciones pertinentes del Proyecto inicial, siempre y cuando no varíen del Presupuesto inicial en un 15%.

La valoración de la modificación se calculará a parte del Proyecto principal, y se hará una comparativa para ver en cuanto difiere del Proyecto inicial.

6. Diseño

6.1. Orientación, inclinación y sombras

Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, en el periodo de diseño, no serán superiores a los valores especificados en la siguiente tabla:

Perdidas de radiación del generador	Valor máximo permitido (%)
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

Tabla 1. Perdidas de radiación del generador

En la instalación no existe ningún elemento que proyecte sombra sobre los paneles fotovoltaicos, por tanto se tomará como valor máximo permitido el del primer apartado de la tabla anterior.

En aquellos casos en los que por razones justificadas no se cumpla lo expuesto en la anterior tabla, se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose en la memoria.

6.2. Dimensionado del sistema

Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este Pliego de Condiciones.

Se realizará una estimación aproximada de consumo según las necesidades de la instalación.

Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido para cubrir las necesidades de consumo según lo estipulado.

La empresa instaladora podrá elegir el tamaño del generador y de los acumuladores en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida o de cualquier otro factor que quiera considerar.

El tamaño del generador será como máximo un 20% superior a la potencia requerida para satisfacer la necesidad calculada anteriormente.

Como norma general, la autonomía mínima sistemas con acumulador será de tres días. Se calculará la autonomía del sistema para el acumulador elegido.

7. Componentes y materiales

7.1. Generalidades

Todas las instalaciones tienen que cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas, y entre ellas las dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la legislación aplicable.

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

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos.

Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico de clase II.

Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Todos los equipos expuestos a la intemperie tendrán un grado mínimo de protección IP65, y los de interior, IP20.

Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos los indicadores, etiquetas, etc., de los mismos, estarán en castellano.

7.2. Módulos fotovoltaicos

Todos los módulos deberán de satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre Seguridad en Módulos Fotovoltaicos.

Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente, emitido por algún laboratorio acreditado.

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

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la memoria la justificación de su utilización.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreado parcial y tendrán un grado de protección IP65. Los marcos laterales, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que el módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 5\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación de las células o burbujas en el encapsulante.

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

En aquellos casos que no se utilicen módulos no cualificados, deberá de justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos.

En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa de IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

7.3. Estructura soporte

Se dispondrán de las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.

La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

La estructura soporte de los 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.

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 sustitución de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de agentes ambientales.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de a la misma.

La tornillería empleada deberá de ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirá tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

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

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán la Norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las Normas UNE-37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras, para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolonga su vida útil.

7.4. Acumuladores plomo-ácido

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

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

La máxima profundidad de descarga no excederá el 80% en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que

estas sobrecargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no será superior al 60%.

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

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

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

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

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

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

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

- ❖ Tensión y capacidad nominal.
- ❖ Polaridad de los terminales.
- ❖ Fabricante y número de serie.

7.5. Reguladores de carga

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

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

- ❖ La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se

produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1%.

- ❖ La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- ❖ La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ por vaso, y estar en el intervalo de $\pm 1\%$ del valor especificado.
- ❖ Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

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

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

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

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

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

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

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo, serán inferiores al 4% de la tensión nominal, para sistemas de menos de 1kW, y del 2% de la

tensión nominal para sistemas mayores de 1kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea del generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

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

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

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

- ❖ Tensión nominal.
- ❖ Corriente máxima.
- ❖ Fabricante y número de serie.
- ❖ Polaridad y conexiones.

7.6. Inversor

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija.

Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de las mismas.

Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

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

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

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente en aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque, sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- ❖ Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- ❖ Desconexión del acumulador.
- ❖ Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- ❖ Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida.

Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5% del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío.

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la siguiente tabla:

Tipo de Inversor		Rendimiento al 20% de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda Senoidal	$P_{\text{NOM}} \leq 500 \text{ VA}$	> 85%	> 75%
	$P_{\text{NOM}} > 500 \text{ VA}$	> 90%	> 85%
Onda no Senoidal		> 90%	> 85%

Tabla 2. Rendimiento según tipo de Inversor

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

- ❖ Potencia nominal.
- ❖ Tensión nominal de entrada.
- ❖ Tensión y frecuencia nominales de salida.
- ❖ Fabricante y número de serie.
- ❖ Polaridad y terminales.

7.7. Cargas

Se recomienda utilizar electrodomésticos de alta eficiencia.

Se utilizarán lámparas fluorescentes, preferiblemente de alta eficiencia. No se permitirá el uso de lámparas incandescentes.

Las lámparas fluorescentes de corriente alterna deberán cumplir la normativa al respecto. Se recomienda utilizar lámparas que tengan corregido el factor de potencia.

Se recomienda que no se utilicen cargas de climatización.

Los sistemas con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superiores a 500 W tendrán, como mínimo, un contador para medir el consumo de energía. En sistemas mixtos, con consumos en continua y alterna, bastará un contador para medir el consumo en continua de las cargas CC y del inversor. En sistemas con consumos de corriente alterna únicamente, se colocará el contador a la salida del inversor.

7.8. Cableado

Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.

Los conductores necesarios tendrán una sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1.5% a la tensión nominal continua del sistema.

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria para cada aplicación correcta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.

Los positivos y negativos de la parte de continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados de acuerdo a la normativa vigente.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

7.9. Protecciones y puesta a tierra

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48V contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa, no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

8. Mantenimiento

8.1. Aspectos generales

Una vez realizada la instalación, se debe llegar a un acuerdo de contrato para el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de todos los elementos de la instalación. Es preferible que este contrato de mantenimiento sea con la misma empresa instaladora que ha realizado el proyecto, pero se puede contratar otra empresa externa dedicada a tal fin.

En estos aspectos generales, podemos diferenciar dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo constará de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Algunas de las actividades u operaciones que se deben de llevar a cabo son las siguientes:

- ❖ Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- ❖ Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- ❖ Comprobación del estado de los módulos: Situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- ❖ Estructuras soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- ❖ Baterías: Nivel de electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- ❖ Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- ❖ Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- ❖ Caídas de tensión en el cableado de continua.
- ❖ Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

Por otro lado tenemos el mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento es aquel que engloba todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el buen funcionamiento del sistema durante su vida útil. Algunas de estas actividades son:

- ❖ La visita a la instalación en los plazos indicados en el apartado 7.3.5.2 del Pliego de Condiciones del IDAE y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave de la instalación.
- ❖ La visita mencionada en el párrafo anterior, se refiere a que el instalador deberá acudir en un plazo máximo de 48 horas a la instalación, si esta no funcionara, o en una semana, si la instalación puede seguir funcionando incluso con esa avería.
- ❖ El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- ❖ Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del periodo de garantía.

Todas las actividades referidas al mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, deben de realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de una empresa instaladora.

Todas las operaciones de mantenimiento, deben de estar registradas en un libro de mantenimiento.

8.2. Mantenimiento de los componentes de la instalación

8.2.1. Inversores

Algunas de las actividades que se pueden realizar para mantener los inversores, no difiere mucho de las especificaciones generales, siendo algunas de estas actividades a realizar las siguientes:

- ❖ De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- ❖ Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.

- ❖ Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos eléctricos.
- ❖ Comprobar que no exista ninguna alarma de mal funcionamiento en la instalación.
- ❖ Control del funcionamiento de los indicadores.
- ❖ Medición de eficiencia y distorsión armónica.
- ❖ Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- ❖ Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

8.2.2. Reguladores

Los reguladores al ser también un sistema electrónico al igual que los inversores, algunas de las tareas a realizar serán las mismas. Dichas operaciones que se llevarán a cabo para mantener el regulador en buen estado durante su vida útil son las siguientes:

- ❖ De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- ❖ Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- ❖ Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos eléctricos.
- ❖ Control del funcionamiento de los indicadores.
- ❖ Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- ❖ Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

8.2.3. Acumuladores

Los acumuladores es el elemento de la instalación solar fotovoltaica que más mantenimiento requiere, debido a su composición química, pudiendo ser perjudicial para el resto de dispositivos si no se lleva un buen mantenimiento de estos elementos. Algunas de las actividades que se deben realizar para mantener los acumuladores son las siguientes:

- ❖ Control del funcionamiento de la densidad de líquido electrolítico.
- ❖ Inspección visual del nivel del líquido de las baterías.
- ❖ Comprobación de las terminales, su conexión y engrase.
- ❖ Comprobación de la estanqueidad de la batería.
- ❖ Medición de la temperatura dentro de la habitación.

- ❖ Comprobación de la ventilación.

8.2.4. Cableado y canalizaciones

Para realizar el plan de mantenimiento del cableado, con el fin de su simplificación, se estudiará por zonas.

Cuadro de conexión:

- ❖ Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- ❖ Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- ❖ Comprobación visual del buen estado del cuadro o caja de conexión, con el fin de conservar sus propiedades de estanqueidad.
- ❖ Inspección visual de las señales de los cables y de las señales de advertencia.

Conexión entre módulos:

- ❖ Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- ❖ Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- ❖ Comprobación visual de que los módulos están conectados correctamente, de acuerdo con el presente proyecto.

Canalizaciones:

- ❖ Comprobar el buen estado del conducto o canalización.
- ❖ Comprobar que los conductos no estén obstruidos por cuerpos extraños y de ser así, eliminar esta obstrucción.
- ❖ Comprobar el buen aislamiento de los cables que circulan por cada uno de ellos.
- ❖ Asegurarse de que por cada canalización va el circuito correcto, cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.

8.2.5. Protecciones

Las protecciones son otro de los puntos clave de la instalación, debido a que un fallo en estos elementos puede provocar un daño material o poner en peligro la integridad de los usuarios de la instalación. Por tanto algunas de las actividades que se deben llevar a cabo para que esto no ocurra son las siguientes:

- ❖ Control del buen funcionamiento de los interruptores.
- ❖ Inspección visual del buen estado del conexionado.
- ❖ Control del funcionamiento y de actuación de los elementos de seguridad y protecciones como fusibles, puestas de tierra e interruptores de seguridad.
- ❖ Realización de pruebas en cada uno de los elementos de la instalación solar fotovoltaica, debido a que cada uno de ellos lleva incorporado una serie de protecciones.

8.2.6. Puesta a tierra

Para asegurar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra, debemos de realizar el mantenimiento de esta parte de la instalación. Las actividades para tal fin que se deben realizar son las siguientes:

- ❖ Revisión anual en la época en la que el terreno se encuentre más seco.
- ❖ Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- ❖ Medición de la resistividad del terreno.
- ❖ Comprobación de la continuidad de la instalación a tierra.
- ❖ Comprobación de todas las masas metálicas a tierra.
- ❖ Revisión cada 5 años de los conductores de enlace del electrodo con el punto de puesta a tierra.

8.2.7. Estructura soporte

- ❖ Comprobar la estructura visualmente con posibles daños o desperfectos causados por la oxidación o por algún agente ambiental.
- ❖ Comprobación de que los paneles fotovoltaicos estén bien sujetos a esta.
- ❖ Comprobación de que la orientación de estas estructuras sea la adecuada cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.
- ❖ Comprobación de que las cimentaciones que sujetan estas estructuras estén en buen estado.

8.2.8. Paneles solares

Con objeto de un rendimiento óptimo de la instalación, el buen mantenimiento de los generadores fotovoltaicos es imprescindible. Para tal fin se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- ❖ Se realizará una inspección visual de la limpieza de estos paneles. En caso de que la acumulación de polvo y suciedad sea elevado, se realizará una limpieza de la superficie.
- ❖ Inspección visual de posibles deformaciones, oscilaciones y estado de la conexión a tierra de la carcasa.
- ❖ Realización de un apriete de bornes y conexiones, y se comprueba el estado de los diodos de protección o anteretorno que evitarán el efecto isla, explicado con anterioridad en el presente proyecto.
- ❖ Realización de una medición eléctrica para comprobar el rendimiento de los paneles.
- ❖ Inspección visual de posibles degradaciones, indicios de corrosión en las estructuras y apriete de tornillos.

9. Garantía

9.1. Ámbito general

Así pues, sin perjuicio de una 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 el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

9.2. Plazos

Se garantizará el buen funcionamiento de la instalación durante 3 años para todos los materiales utilizados y para el montaje.

Con respecto a la garantía de los módulos solares, ATERSA ofrece una garantía de los mismos de 10 años.

Con respecto a garantizar la potencia de los módulos fotovoltaicos, se asegura un funcionamiento de 10 años al 90% y 25 años al 80%.

Si hubiera que interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o reparaciones que haya que realizar para cumplir las estipulaciones de garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

9.3. Condiciones económicas

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación, podrá, 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 que hubiere incurrido el suministrador.

9.4. Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque solo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

9.5. Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador.

Cuando el suministrado considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

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 cargo del suministrador.

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



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

MEDICIONES

ÍNDICE

1. ESTADO DE MEDICIONES.....5

1. Estado de mediciones

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
CAPÍTULO C01 ESTRUCTURAS						
01.01	m ³ Horm.HA-30/B/20/IIb p/ armar en zapatas . Hormigón para armar en zapatas aisladas, HA-30/B/20/IIb, incluso elaboración, encofrado y desencofrado, vertido, vibrado y curado, s/EHE-08 y C.T.E. DB SE y DB SE-C.	Módulo	8	1,00	0,25	0,50
01.02	ud Estructura Soporte Instalación y montaje de estructura integrada placas realizada con Triangle Systems de 2K SYSTEMS, incluso pinzas de sujeción de paneles, tornillería y resto de accesorios. Unidad completamente instalada y anclada a la cimentación.					1,00
CAPÍTULO C02 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA						
SUBCAPÍTULO C02.01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA						
02.01.01	ud Módulo Solar Fotovoltaico Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 300Wp, modelo Ultra A-300P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/5W. Garantía 10 años.					8,00
02.01.02	ud Baterías Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 270 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C10, marca Hawker modelo TLS 5.					4,00
02.01.03	ud Regulador de carga Regulador de carga, marca Leonics modelo SC48120 de hasta 240A 48V.					1,00
02.01.04	ud Inversor Inversor Phoenix 48/3000 de 3000W, marca Zigor modelo 48/3000.					1,00
SUBCAPÍTULO C02.02 DISTRIBUCIÓN						
02.02.01	m Conductor de cobre 2.5 mm ² RV-K0.6/1 kV					4,90
02.02.02	m Conductor de cobre 6 mm ² RV-K0.6/1 kV					5,00
02.02.03	m Conductor de cobre 10 mm ² RV-K0.6/1 kV					16,00
02.02.04	m Conductor de cobre 16 mm ² RV-K0.6/1 kV					11,00
02.02.05	m Conductor de cobre 25 mm ² RV-K0.6/1 kV					2,00
02.02.06	m Conductor de cobre 35 mm ² RV-K0.6/1 kV					1,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
SUBCAPÍTULO C02.03 PUESTA A TIERRA						
02.03.01	m Conducción de puesta a tierra enterrada 35 mm² Conducción de puesta a tierra enterrada a una profundidad no menor de 0,5 m, instalada con conductor de cobre desnudo de 35 mm ² de sección nominal, electrodos, incluso excavación, relleno y p.p. de soldadura aluminotérmica. Instalada s/RBT-02.					30,00
02.03.02	ud Arqueta de puesta o conexión a tierra 30x30 cm Arqueta de puesta o conexión a tierra, metálica, de 30x30 cm, con tapa, incluso pica de acero cobrado de 1,5 m, seccionador, hincado, p.p. de soldadura aluminotérmica y adición de carbón y sal. Totalmente instalada y comprobada incluso ayudas de albañilería, s/RB-02.					1,00
SUBCAPÍTULO C02.04 EQUIPAMIENTO						
02.04.01	ud Fusible gR 10x38 Instalación de fusibles gR 10x38 12A 690Vcc de la marca KPS, i/portafusible.					4,00
02.04.02	ud Fusible gG 22x58 Instalación de fusibles gG 22x58 63A AC 500V de la marca KPS, i/portafusible.					1,00
02.04.03	ud Interruptor Automático Instalación de un Interruptor Automático					1,00
02.04.04	ud Interruptor Diferencial Instalación de Interruptor Diferencial					1,00
CAPÍTULO C03 SEGURIDAD Y SALUD						
SUBCAPÍTULO C03.01 PROTECCIONES INDIVIDUALES						
03.01.01	ud Casco de seguridad Casco de seguridad CE, homologado, CE s/normativa vigente.					7,00
03.01.02	ud Gafa antipolvo y anti-impactos Gafa antipolvo homologada CE, s/normativa vigente.					7,00
03.01.03	ud Mascarilla respiración profile doble filtro A1 P3 Mascarilla para respiración, antipolvo, homologado con marcado CE, s/normativa vigente					7,00
03.01.04	ud Tapones protectores auditivos tipo aural Tapones protectores auditivos tipo aural, (par) homologados CE s/normativa vigente.					7,00
03.01.05	ud Mono algodón azulina, doble cremallera Mono algodón azulina, doble cremallera, puño elástico CE.					7,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
03.01.06	ud Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC amarillo/verde Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC, amarillo/verde, CE, s/normativa vigente.					3,00
03.01.07	ud Guantes de lona azul, serraje manga corta Guantes de lona azul, serraje manga corta (par). CE s/normativa vigente.					14,00
03.01.08	ud Guantes serraje reforzado en uñeros y palma Guantes serraje reforzado en uñeros y palma (par). CE s/normativa vigente.					14,00
03.01.09	ud Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálica Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálicas incorporada, (par) homologada CE s/normativa vigente.					7,00
03.01.10	ud Par de botas de PVC para agua, caña alta Par de botas de PVC para agua, caña alta, homologada CE s/normativa vigente.					3,00
03.01.11	ud Chaleco reflectante Chaleco reflectante de alta visibilidad, homologado con marcado CE, s/normativa vigente.					14,00
SUBCAPÍTULO C03.02 PROTECCIONES COLECTIVAS						
03.02.01	ud Extintor portátil 6 kg, polvo químico poliv., A B C, 21A-113B, Z Extintor portátil de polvo químico polivalente contra fuegos A B C, de 6 kg de agente extintor, eficacia 21A-113B, tipo Zenith o similar, con soporte, válvula de disparo, manguera con difusor y manómetro, incluidas fijaciones a la pared, colocado. Según C.T.E. DB SI.					2,00
03.02.02	ud Cartel indicativo de riesgo de PVC, con soporte metálico Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico de 1,3 m de altura, (amortización = 100 %) incluso colocación, apertura de pozo, hormigón de fijación, y desmontado.					2,00
SUBCAPÍTULO C03.03 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR						
03.03.01	ud Alquiler baño de baño químico Alquiler de baño químico modelo Poly Plus o similar, i/transporte, traslados, limpieza dos veces por semana y retirada					1,00
03.03.02	ud Recipiente recogida de basuras Recipiente de recogida de basuras					2,00
SUBCAPÍTULO C03.04 PRIMEROS AUXILIOS						
03.04.01	ud Botiquín metálico tipo maletín, con contenido sanitario Botiquín metálico tipo maletín, preparado para colgar en pared, con contenido sanitario completo según ordenanzas.					1,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
SUBCAPÍTULO C03.05 MANO DE OBRA DE SEGURIDAD Y SALUD						
03.05.01	h Formación seguridad e higiene Formación de seguridad e higiene en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.					7,00



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN CON ENERGÍAS
RENOVABLES**

AUTOR

Carlos Ruiz Barreto

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. PRECIOS UNITARIOS	5
2. PRESUPUESTO.....	9
3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	13

1. Precios unitarios

CÓDIGO	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO C01 ESTRUCTURAS		
01.01	<p>m³ Horm.HA-30/B/20/IIb p/ armar en zapatas .</p> <p>Hormigón para armar en zapatas aisladas, HA-30/B/20/IIb, incluso elaboración, encofrado y desencofrado, vertido, vibrado y curado, s/EHE-08 y C.T.E. DB SE y DB SE-C.</p>	
		82,77
01.02	<p>ud Estructura Soporte</p> <p>Instalación y montaje de estructura integrada placas realizada con Triangle Systems de 2K SYS-TEMS, incluso pinzas de sujeción de paneles, tornillería y resto de accesorios. Unidad completamente instalada y anclada a la cimentación.</p>	
		2.538,96
CAPÍTULO C02 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA		
SUBCAPÍTULO C02.01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		
02.01.01	<p>ud Módulo Solar Fotovoltaico</p> <p>Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 300Wp, modelo Ultra A-300P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/5W. Garantía 10 años.</p>	
		238,45
02.01.02	<p>ud Baterías</p> <p>Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 270 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C10, marca Hawker modelo TLS 5.</p>	
		749,89
02.01.03	<p>ud Regulador de carga</p> <p>Regulador de carga, marca Leonics modelo SC48120 de hasta 240A 48V.</p>	
		361,50
02.01.04	<p>ud Inversor</p> <p>Inversor Phoenix 48/3000 de 3000W, marca Zigor modelo 48/3000.</p>	
		1.390,93
SUBCAPÍTULO C02.02 DISTRIBUCIÓN		
02.02.01	m Conductor de cobre 2.5 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		4,36
02.02.02	m Conductor de cobre 6 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		4,71
02.02.03	m Conductor de cobre 10 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		5,20
02.02.04	m Conductor de cobre 16 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		5,80
02.02.05	m Conductor de cobre 25 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		6,68
02.02.06	m Conductor de cobre 35 mm ² RV-K0.6/1 kV	
		7,78

TOTAL SUBCAPÍTULO C02.02 DISTRIBUCIÓN 213,05

CÓDIGO	RESUMEN	PRECIO
--------	---------	--------

SUBCAPÍTULO C02.03 PUESTA A TIERRA

02.03.01	<p>m Conducción de puesta a tierra enterrada 35 mm² Conducción de puesta a tierra enterrada a una profundidad no menor de 0,5 m, instalada con conductor de cobre desnudo de 35 mm² de sección nominal, electrodos, incluso excavación, relleno y p.p. de soldadura aluminotérmica. Instalada s/RBT-02.</p>	12,04
02.03.02	<p>ud Arqueta de puesta o conexión a tierra 30x30 cm Arqueta de puesta o conexión a tierra, metálica, de 30x30 cm, con tapa, incluso pica de acero cobrado de 1,5 m, seccionador, hincado, p.p. de soldadura aluminotérmica y adición de carbón y sal. Totalmente instalada y comprobada incluso ayudas de albañilería, s/RB-02.</p>	54,10

SUBCAPÍTULO C02.04 EQUIPAMIENTO

02.04.01	<p>ud Fusible gR 10x38 Instalación de fusibles gR 10x38 12A 690Vcc de la marca KPS, i/portafusible.</p>	39,62
02.04.02	<p>ud Fusible gG 22x58 Instalación de fusibles gG 22x58 63A AC 500V de la marca KPS, i/portafusible.</p>	45,25
02.04.03	<p>ud Interruptor Automático Instalación de un Interruptor Automático</p>	56,02
02.04.04	<p>ud Interruptor Diferencial Instalación de Interruptor Diferencial</p>	32,34

CAPÍTULO C03 SEGURIDAD Y SALUD**SUBCAPÍTULO C03.01 PROTECCIONES INDIVIDUALES**

03.01.01	<p>ud Casco de seguridad Casco de seguridad CE, homologado, CE s/normativa vigente.</p>	2,88
03.01.02	<p>ud Gafa antipolvo y anti-impactos Gafa antipolvo homologada CE, s/normativa vigente.</p>	2,79
03.01.03	<p>ud Mascarilla respiración profile doble filtro A1 P3 Mascarilla para respiración, antipolvo, homologado con marcado CE, s/normativa vigente</p>	23,96
03.01.04	<p>ud Tapones protectores auditivos tipo aural Tapones protectores auditivos tipo aural, (par) homologados CE s/normativa vigente.</p>	4,95
03.01.05	<p>ud Mono algodón azulina, doble cremallera Mono algodón azulina, doble cremallera, puño elástico CE.</p>	15,97

CÓDIGO	RESUMEN	PRECIO
03.01.06	ud Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC amarillo/verde Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC, amarillo/verde, CE, s/normativa vigente.	6,30
03.01.07	ud Guantes de lona azul, serraje manga corta Guantes de lona azul, serraje manga corta (par). CE s/normativa vigente.	1,48
03.01.08	ud Guantes serraje reforzado en uñeros y palma Guantes serraje reforzado en uñeros y palma (par). CE s/normativa vigente.	2,19
03.01.09	ud Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálica Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálicas incorporada, (par) homologada CE s/normativa vigente.	25,13
03.01.10	ud Par de botas de PVC para agua, caña alta Par de botas de PVC para agua, caña alta, homologada CE s/normativa vigente.	5,79
03.01.11	ud Chaleco reflectante Chaleco reflectante de alta visibilidad, homologado con marcado CE, s/normativa vigente.	6,17
SUBCAPÍTULO C03.02 PROTECCIONES COLECTIVAS		
03.02.01	ud Extintor portátil 6 kg, polvo químico poliv., A B C, 21A-113B, Z Extintor portátil de polvo químico polivalente contra fuegos A B C, de 6 kg de agente extintor, eficacia 21A-113B, tipo Zenith o similar, con soporte, válvula de disparo, manguera con difusor y manómetro, incluidas fijaciones a la pared, colocado. Según C.T.E. DB SI.	52,13
03.02.02	ud Cartel indicativo de riesgo de PVC, con soporte metálico Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico de 1,3 m de altura, (amortización = 100 %) incluso colocación, apertura de pozo, hormigón de fijación, y desmontado.	46,76
SUBCAPÍTULO C03.03 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR		
03.03.01	ud Alquiler baño de baño químico Alquiler de baño químico modelo Poly Plus o similar, i/transporte, traslados, limpieza dos veces por semana y retirada	202,20
03.03.02	ud Recipiente recogida de basuras Recipiente de recogida de basuras	27,65
SUBCAPÍTULO C03.04 PRIMEROS AUXILIOS		
03.04.01	ud Botiquín metálico tipo maletín, con contenido sanitario Botiquín metálico tipo maletín, preparado para colgar en pared, con contenido sanitario completo según ordenanzas.	51,38

CÓDIGO	RESUMEN	PRECIO
SUBCAPÍTULO C03.05 MANO DE OBRA DE SEGURIDAD Y SALUD		
03.05.01	h Formación seguridad e higiene Formación de seguridad e higiene en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.	
		12,55

2. Presupuesto

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C01 ESTRUCTURAS									
01.01	m ³ Horm.HA-30/B/20/IIb p/ armar en zapatas . Hormigón para armar en zapatas aisladas, HA-30/B/20/IIb, incluso elaboración, encofrado y desencofrado, vertido, vibrado y curado, s/EHE-08 y C.T.E. DB SE y DB SE-C.	Módulo	8	1,00	0,25	0,25	0,50		
							0,50	82,77	41,39
01.02	ud Estructura Soporte Instalación y montaje de estructura integrada placas realizada con Triangle Systems de 2K SYS-TEMS, incluso pinzas de sujeción de paneles, tornillería y resto de accesorios. Unidad completamente instalada y anclada a la cimentación.						1,00	2.538,96	2.538,96
TOTAL CAPÍTULO C01 ESTRUCTURAS.....									2.580,35
CAPÍTULO C02 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA									
SUBCAPÍTULO C02.01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA									
02.01.01	ud Módulo Solar Fotovoltaico Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 300Wp, modelo Ultra A-300P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/5W. Garantía 10 años.						8,00	238,45	1.907,60
02.01.02	ud Baterías Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 270 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C10, marca Hawker modelo TLS 5.						4,00	749,89	2.999,56
02.01.03	ud Regulador de carga Regulador de carga, marca Leonics modelo SC48120 de hasta 240A 48V.						1,00	361,50	361,50
02.01.04	ud Inversor Inversor Phoenix 48/3000 de 3000W, marca Zigor modelo 48/3000.						1,00	1.390,93	1.390,93
TOTAL SUBCAPÍTULO C02.01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....									6.659,59
SUBCAPÍTULO C02.02 DISTRIBUCIÓN									
02.02.01	m Conductor de cobre 2.5 mm ² RV-K0.6/1 kV						4,90	4,36	21,36
02.02.02	m Conductor de cobre 6 mm ² RV-K0.6/1 kV						5,00	4,71	23,55
02.02.03	m Conductor de cobre 10 mm ² RV-K0.6/1 kV						16,00	5,20	83,20
02.02.04	m Conductor de cobre 16 mm ² RV-K0.6/1 kV						11,00	5,80	63,80
02.02.05	m Conductor de cobre 25 mm ² RV-K0.6/1 kV						2,00	6,68	13,36

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.02.06	m	Conductor de cobre 35 mm ² RV-K0.6/1 kV					1,00	7,78	7,78
TOTAL SUBCAPÍTULO C02.02 DISTRIBUCIÓN									213,05
SUBCAPÍTULO C02.03 PUESTA A TIERRA									
02.03.01	m	Conducción de puesta a tierra enterrada 35 mm ² Conducción de puesta a tierra enterrada a una profundidad no menor de 0,5 m, instalada con conductor de cobre desnudo de 35 mm ² de sección nominal, electrodos, incluso excavación, relleno y p.p. de soldadura aluminotérmica. Instalada s/RBT-02.					30,00	12,04	361,20
02.03.02	ud	Arqueta de puesta o conexión a tierra 30x30 cm Arqueta de puesta o conexión a tierra, metálica, de 30x30 cm, con tapa, incluso pica de acero cobrado de 1,5 m, seccionador, hincado, p.p. de soldadura aluminotérmica y adición de carbón y sal. Totalmente instalada y comprobada incluso ayudas de albañilería, s/RB-02.					1,00	54,10	54,10
TOTAL SUBCAPÍTULO C02.03 PUESTA A TIERRA.....									415,30
SUBCAPÍTULO C02.04 EQUIPAMIENTO									
02.04.01	ud	Fusible gR 10x38 Instalación de fusibles gR 10x38 12A 690Vcc de la marca KPS, i/portafusible.					4,00	39,62	158,48
02.04.02	ud	Fusible gG 22x58 Instalación de fusibles gG 22x58 63A AC 500V de la marca KPS, i/portafusible.					1,00	45,25	45,25
02.04.03	ud	Interruptor Automático Instalación de un Interruptor Automático					1,00	56,02	56,02
02.04.04	ud	Interruptor Diferencial Instalación de Interruptor Diferencial					1,00	32,34	32,34
TOTAL SUBCAPÍTULO C02.04 EQUIPAMIENTO.....									292,09
TOTAL CAPÍTULO C02 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA									7.580,03
CAPÍTULO C03 SEGURIDAD Y SALUD									
SUBCAPÍTULO C03.01 PROTECCIONES INDIVIDUALES									
03.01.01	ud	Casco de seguridad Casco de seguridad CE, homologado, CE s/normativa vigente.					7,00	2,88	20,16
03.01.02	ud	Gafa antipolvo y anti-impactos Gafa antipolvo homologada CE, s/normativa vigente.					7,00	2,79	19,53
03.01.03	ud	Mascarilla respiración profile doble filtro A1 P3 Mascarilla para respiración, antipolvo, homologado con marcado CE, s/normativa vigente					7,00	23,96	167,72

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.01.04	ud Tapones protectores auditivos tipo aural Tapones protectores auditivos tipo aural, (par) homologados CE s/normativa vigente.						7,00	4,95	34,65
03.01.05	ud Mono algodón azulina, doble cremallera Mono algodón azulina, doble cremallera, puño elástico CE.						7,00	15,97	111,79
03.01.06	ud Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC amarillo/verde Traje antiagua chaqueta y pantalón PVC, amarillo/verde, CE, s/normativa vigente.						3,00	6,30	18,90
03.01.07	ud Guantes de lona azul, serraje manga corta Guantes de lona azul, serraje manga corta (par). CE s/normativa vigente.						14,00	1,48	20,72
03.01.08	ud Guantes serraje reforzado en uñeros y palma Guantes serraje reforzado en uñeros y palma (par). CE s/normativa vigente.						14,00	2,19	30,66
03.01.09	ud Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálica Bota lona y serraje, con puntera y plantilla metálicas incorporada, (par) homologada CE s/normativa vigente.						7,00	25,13	175,91
03.01.10	ud Par de botas de PVC para agua, caña alta Par de botas de PVC para agua, caña alta, homologada CE s/normativa vigente.						3,00	5,79	17,37
03.01.11	ud chaleco reflectante Chaleco reflectante de alta visibilidad, homologado con marcado CE, s/normativa vigente.						14,00	6,17	86,38
TOTAL SUBCAPÍTULO C03.01 PROTECCIONES.....									703,79
SUBCAPÍTULO C03.02 PROTECCIONES COLECTIVAS									
03.02.01	ud Extintor portátil 6 kg, polvo químico poliv., A B C, 21A-113B, Z Extintor portátil de polvo químico polivalente contra fuegos A B C, de 6 kg de agente extintor, eficacia 21A-113B, tipo Zenith o similar, con soporte, válvula de disparo, manguera con difusor y manómetro, incluidas fijaciones a la pared, colocado. Según C.T.E. DB SI.						2,00	52,13	104,26
03.02.02	ud Cartel indicativo de riesgo de PVC, con soporte metálico Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico de 1,3 m de altura, (amortización = 100 %) incluso colocación, apertura de pozo, hormigón de fijación, y desmontado.						2,00	46,76	93,52
TOTAL SUBCAPÍTULO C03.02 PROTECCIONES COLECTIVAS.....									197,78
SUBCAPÍTULO C03.03 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR									
03.03.01	ud Alquiler baño de baño químico Alquiler de baño químico modelo Poly Plus o similar, i/transporte, traslados, limpieza dos veces por semana y retirada						1,00	202,20	202,20

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.03.02	ud Recipiente recogida de basuras Recipiente de recogidde basuras						2,00	27,65	55,30
TOTAL SUBCAPÍTULO C03.03 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....									257,50
SUBCAPÍTULO C03.04 PRIMEROS AUXILIOS									
03.04.01	ud Botiquín metálico tipo maletín, con contenido sanitario Botiquín metálico tipo maletín, preparado para colgar en pared, con contenido sanitario completo según ordenanzas.						1,00	51,38	51,38
TOTAL SUBCAPÍTULO C03.04 PRIMEROS AUXILIOS.....									51,38
SUBCAPÍTULO C03.05 MANO DE OBRA DE SEGURIDAD Y SALUD									
03.05.01	h Formación seguridad e higiene Formación de seguridad e higiene en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.						7,00	12,55	87,85
TOTAL SUBCAPÍTULO C03.05 MANO DE OBRA DE.....									87,85
TOTAL CAPÍTULO C03 SEGURIDAD Y SALUD									1.298,30
TOTAL.....									11.458,68

3. Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
C01	Estructura.....	2.580,35	22,52
C02	Instalación solar fotovoltaica.....	7.580,03	66,15
C03	Seguridad y salud.....	1.298,30	11,33
	Total Ejecución Material	11.458,68	
	13,00% Gastos generales.....	1.489,63	
	6,00% Beneficio industrial.....	687,52	
	Suma de G.G. y B.I.	2.177,15	
	Subtotal	13.635,83	
	7,00% I.G.I.C.....	954,51	
	Total Presupuesto Contrata	14.590,34	
	Total Presupuesto General	14.590,34	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CATORCE MIL QUINIENTOS NOVENTA EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

, a 1 de marzo 2017.

Tutor

Autor