Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulación:

INGENIERIA INDUSTRIAL

Alumno:
Antonio Bernés Ubasos

Tema PFC:
Estudio de la instalación de sistemas energéticos renovables en una casa de Cuenca

Director del PFC:
Jose Antonio Ortiz Marzo

Convocatoria de entrega del PFC
Curso 2011/2012 Q2

Contenido de este volumen: **-MEMORIA, PRESUPUESTO-**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS ENERGÉTICOS RENOVABLES EN UNA CASA DE CUENCA

Memoria

30/05/2012

Proyecto Final de Carrera

Jose Antonio Ortiz Marzo (Tutor)
Antonio Bernés Ubasos

Contenido

1 OBJETO 4
2 ALCANCE 4
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 5
4 ESPECIFICACIONES BÁSICAS 5
5 EMPLAZAMIENTO 6
6 ANTECEDENTES 7
7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL 8
7.1 Alternativa 1 8
7.2 Alternativa 2 8
8 DESCOMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ALTERNATIVAS 9
8.1 Alternativa 1: Instalación fotovoltaica 9
8.2 Alternativa 2: Instalación fotovoltaica y eólica 10
9 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES 11
9.1 Módulos fotovoltaicos 11
9.2 Aerogenerador 15
9.3 Regulador 18
9.4 Acumulador 21
9.5 Inversor 23
10 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 26
10.1 Sujeciones para los módulos fotovoltaicos 26
10.2 Sujeciones para el aerogenerador 28
11 SISTEMA DE SEGURIDAD 33
11.1 Tipos 33
11.2 Elección del elemento protector 34
12 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA 36
13 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN 36
13.1 Cargas eléctricas a cubrir y energía necesaria 36
13.2 Alternativa 1: Instalación solar fotovoltaica a 48V 39
13.3 Alternativa 2: Instalación solar fotovoltaica y eólica a 48V 42
13.4 Cálculo de la sección del cableado 44
13.5 Toma de tierra 49
14 PLANIFICACIÓN 51
14.1 Memoria técnica 51

14.2 Ejecución instalación primera alternativa 51
14.3 Ejecución instalación segunda alternativa..... 52
15 PRESUPUESTO 53
15.1 Alternativa 1..... 53
15.2 Alternativa 2..... 54
15.3 Coste de ingeniería..... 55
16 VALORACIÓN AMBIENTAL..... 56
17 SUBVENCIONES..... 57
18 CONCLUSIÓN 57
18.1 Docente 58
19 BIBLIOGRAFÍA 59

1 OBJETO

Realización del documento técnico para el diseño de dos alternativas de autoconsumo energético para una vivienda rural aislada a la red. Las alternativas son las siguientes:

- Alternativa 1: Sistema solar fotovoltaico autónomo mediante la utilización de módulos solares
- Alternativa 2: Sistema solar fotovoltaico y eólico autónomo mediante la utilización de módulos solares y de un aerogenerador de baja potencia.

2 ALCANCE

- Descripción de tallada de cada elemento a utilizar en las alternativas.
- Se diseñará dos alternativas. Una alternativa consiste en un sistema fotovoltaico autónomo, y la segunda en un sistema fotovoltaico y eólico.
    - Diseño detallado mediante cálculos para determinar el número de componentes a utilizar
- No sé contempla el estudio de instalación de ACS, ya que recientemente el propietario de la vivienda ha instalado una caldera de gasoil.
- Se estudiará el viento.
- Se especificará el consumo energético diario de la vivienda.
- No se fabricará ningún elemento.
- Únicamente se diseñará la instalación generadora de energía de CC.
- Se especificará el cálculo de la toma de tierra necesaria.
- Se especificará un esquema de la instalación eléctrica de cada alternativa.
- Se especificará el plano de la planta de la vivienda.
- Se especificará la legislación aplicable.
- Se especificará una valoración medioambiental.
- Se especificará el presupuesto de cada alternativa.
- No se realizará estudio de viabilidad económica.
- No se tratará trámites administrativos.

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Se dispone a estudiar dos alternativas para conseguir que la vivienda sea autosuficiente eléctricamente. Con este proyecto se desea conseguir una vivienda aislada a la red eléctrica y que el consumo realizado sea utilizando energía renovable.

Desde el punto de vista del estudiante, se ha escogido este proyecto para adquirir nuevos conocimientos de un sector diferente al adquirido en la carrera.

4 ESPECIFICACIONES BÁSICAS

- Instalación de uso anual.
- La instalación trabajará a 48V.
- Vivienda no conectada a red.
- Todos los elementos de la instalación serán comprados.
- Los paneles fotovoltaicos se instalaran con su inclinación óptima y orientados al sur.
- La alternativa de sistema fotovoltaico tendrá 4 días de autonomía.
- La alternativa de sistema fotovoltaico y eólico tendrá 3 días de autonomía.
- En la alternativa de sistema fotovoltaico y eólico únicamente se puede instalar un aerogenerador de baja potencia.
- Si en el futuro el consumo eléctrico de la vivienda aumenta se podrán añadir módulos solares, con una previa revisión de los cálculos realizados en el presente documento.

5 EMPLAZAMIENTO

La vivienda está situada en el municipio de Landete, en la provincia de Cuenca.

C.P. 16330

Las coordenadas de la vivienda son estas:

Latitud: 39º 54' 27'' Norte

Longitud: 1º 21' 52'' Oeste

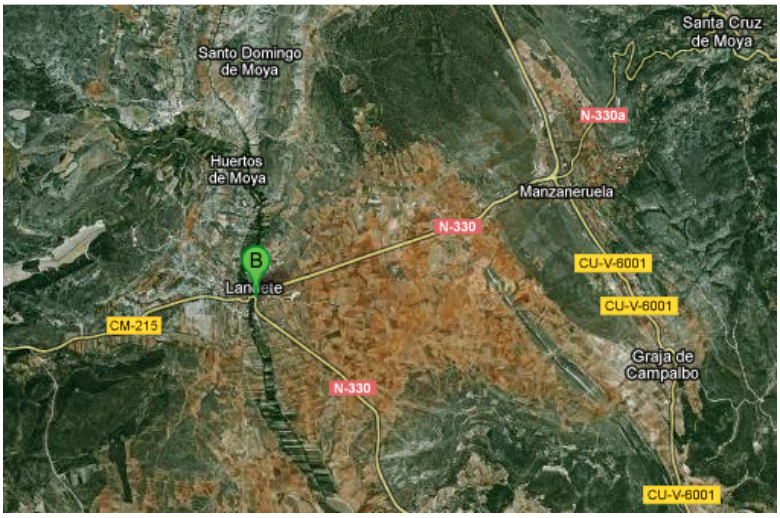

Figura 1: Situación de la localidad de Landete. [1]

Figura 2: Situación de la vivienda. [1]

6 ANTECEDENTES

Los sistemas de generación aislados surgen de la necesidad de abastecer puntos de consumo con una demanda de energía pequeña. Suelen estar localizados en zonas poco o nada accesibles, como lo son las zonas rurales o de montaña con escasa población. También suelen tener aplicación en áreas de cultivo donde no hay suministro eléctrico y son necesarias para un bombeo de agua. En esas situaciones, el suministro mediante la red eléctrica pública puede resultar excesivamente caro, mientras que la instalación de un sistema fotovoltaico puede ser una alternativa factible.

Cabe destacar que estos sistemas son una buena elección en los países subdesarrollados, donde prácticamente solo hay distribución eléctrica en las zonas principales y, por lo general, aún no hay transporte de energía eléctrica a nivel nacional. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas son instalaciones mucho menores, en tamaño, que las conectadas a red ya que la potencia que ofrecen es mucho menor. Como su propio nombre indica, se usan para demandas aisladas, concretas, y no necesitan tanta energía eléctrica. Por lo general, este tipo de instalaciones se usan en:

- Electrificación de viviendas y edificios.
- Alumbrado público.
- Aplicaciones agropecuarias.
- Bombeo y tratamiento de aguas.
- Equipos de telecomunicaciones.
- Sistemas de medición.
- Señalización de carreteras.
- Aplicaciones mixtas a otras fuentes de energía renovable.

Un sistema fotovoltaico aislado está compuesto, generalmente, por módulos o paneles solares, acumuladores a base de baterías, reguladores de carga e inversores.

Por lo general, los acumuladores de energía forman parte de este tipo de sistemas puesto que, al no estar conectados a la red, deben almacenar de alguna forma la energía no utilizada en horas de luz para poder utilizarla en horas de oscuridad. Pero no todos los usos citados anteriormente precisan de estos dispositivos. Pueden estar conectados directamente a la carga, con lo que no se necesita acumuladores ni su correspondiente regulador de carga. O por el contrario pueden estar aislados con acumulador de energía, que a diferencia del caso anterior estos si necesitan acumuladores y regulador de carga.

7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

7.1 Alternativa 1

La instalación solar fotovoltaica permite que la vivienda pueda autoabastecerse de electricidad. Esto es debido a la utilización de módulos solares. La luz solar que incide sobre la Tierra, es captada por los módulos solares, que gracias al efecto fotoeléctrico convierten la luz en energía eléctrica. Esta energía va a parar a un regulador de carga, que permite que el solo regule la carga de las baterías o acumuladores. La electricidad almacenada en las baterías va al inversor, que se encarga de transformar la corriente continua, generada por los módulos solares, en corriente alterna para su consumo en la vivienda.

7.2 Alternativa 2

El principio de funcionamiento de esta alternativa es prácticamente el mismo que en la alternativa 1. La única diferencia está en la generación de la energía eléctrica, ya que en esta alternativa hay un aerogenerador de baja potencia combinado con los módulos solares. El aerogenerador permite convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. La energía eléctrica del aerogenerador también es de corriente continua.

8 DESCOMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ALTERNATIVAS

8.1 Alternativa 1: Instalación fotovoltaica

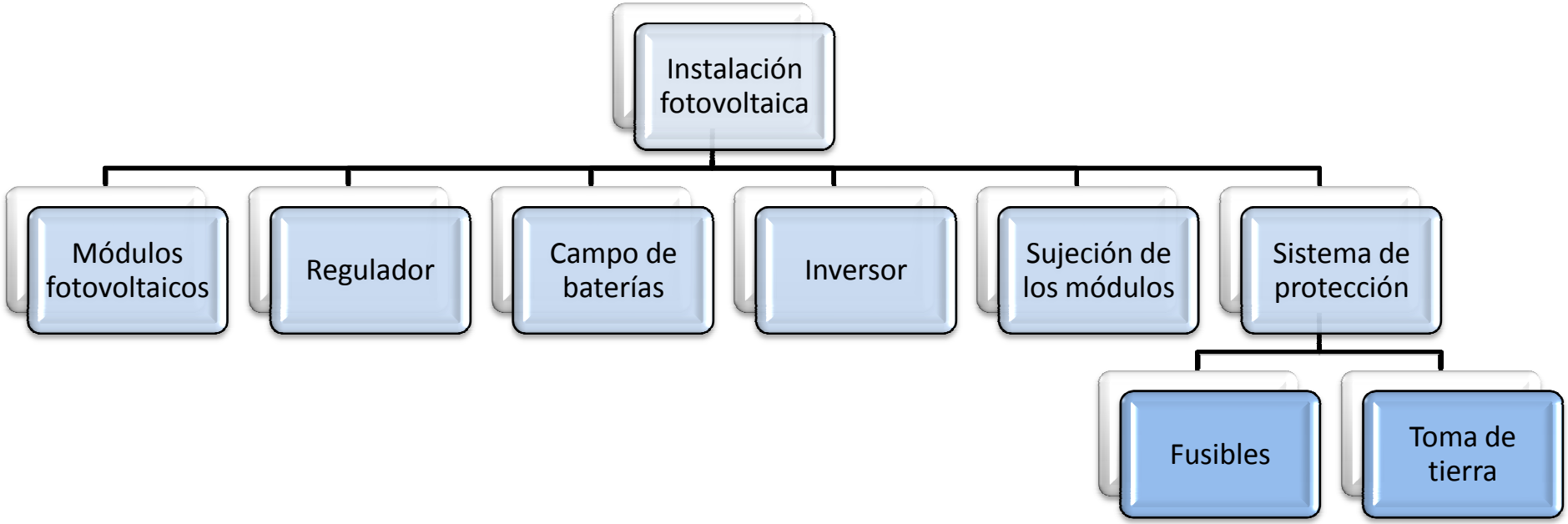

Figura 3: Descomposición estructural alternativa 1

8.2 Alternativa 2: Instalación fotovoltaica y eólica

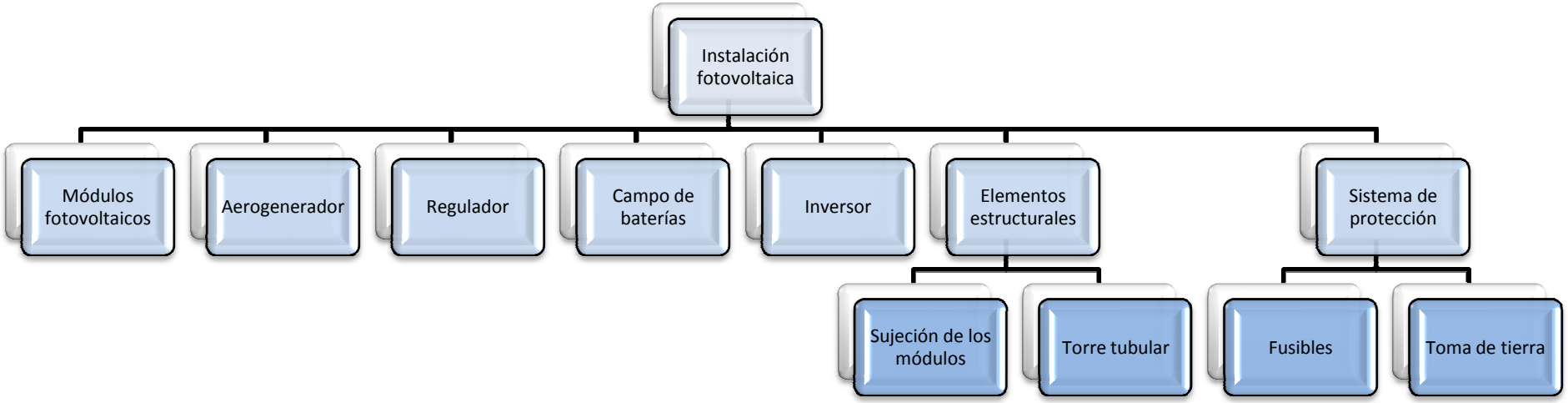

Figura 4: Descomposición estructural alternativa 2

9 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

9.1 Módulos fotovoltaicos

El modulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y por lo tanto con capacidad de producir electricidad, es denominado célula fotovoltaica. Este conjunto de células sobre el soporte adecuado y con los recubrimientos que le protejan convenientemente de agentes atmosféricos es lo que se denomina panel fotovoltaico. Los módulos fotovoltaicos producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos, aprovechando el efecto fotoeléctrico.

Figura 5: Célula fotovoltaica. [2]

Un panel solar está formado por la interconexión de varias células solares en serie y/o paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente. La potencia máxima que puede suministrar un módulo se denomina potencia pico.

Base del funcionamiento de las células fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas están formadas fundamentalmente de silicio. Cuando el conjunto de células queda expuesto a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que pueden entonces romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica.

Tipos de módulos

Los paneles fotovoltaicos se pueden dividir en tres tipos:

- **Monocristalinos:** presenta una estructura cristalina completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido dopado con boro. Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica. Sus rendimientos son mayores que el resto.

Figura 6: Panel monocristalino. [2]

- **Policristalinos:** presenta una estructura ordenada por regiones separadas. Las zonas irregulares se traducen en una disminución del rendimiento. Se obtiene de la misma forma que el monocristalino pero con menos fases de cristalización. Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos azules y grises metálicos.

Figura 7: Panel policristalino. [2]

- **Amorfos:** presentan un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química. Su proceso de fabricación es menos costoso que los anteriores. Tienen un color homogéneo.

Figura 8: Panel amorfo. [2]

Su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de los primeros puede alcanzar el 20% mientras que el de los últimos puede no llegar al 1%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

Elección del modulo

Teniendo en cuenta los tres tipos de paneles expuestos se ha decidido utilizar paneles policristalinos debido a que por las prestaciones que dan son los más económicos.

Para la realización de las dos alternativas se ha utilizado paneles del fabricante Español Fotovoltaica GM. El módulo a utilizar es el LLGC230/24.

Especificaciones del modulo

Especificaciones técnicas	
Potencia máxima [Wp]	230 (± 3%)
Voltaje nominal [V]	24
Voltaje máximo [V]	30,01
Voltaje circuito abierto [V]	36,8
Corriente de cortocircuito [A]	7,84
Corriente máxima [A]	8,35
Voltaje máximo del sistema [V]	1000
Coeficiente de temperatura de P_{max}	-0,47 % / ºC
Coeficiente de temperatura de V_{oc}	-0,34 % / ºC
Coeficiente de temperatura de I_{sc}	0,06 % / ºC
Eficiencia de la célula	16,24
Eficiencia del módulo	14,09

Tabla 1: Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico.

Especificaciones generales	
Longitud [mm]	1665
Anchura [mm]	941
Profundidad [mm]	40
Peso [kg]	20

Tabla 2: Especificaciones generales del panel fotovoltaico.

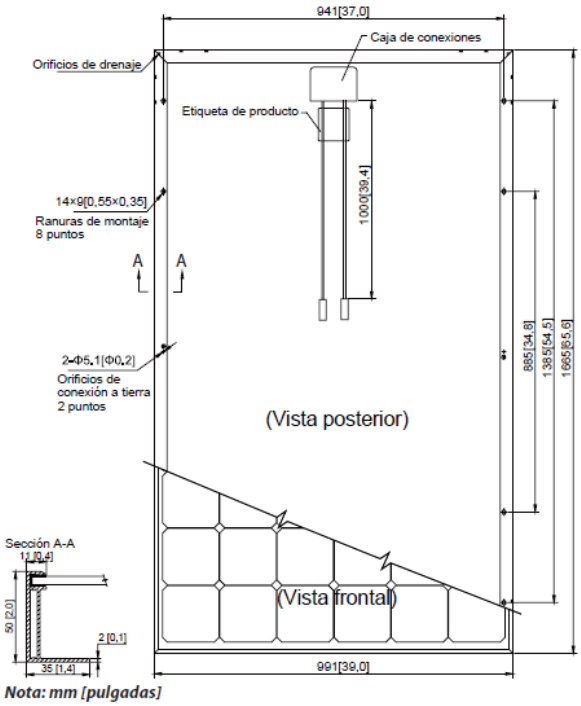

Figura 9: Dimensiones del panel. [3]

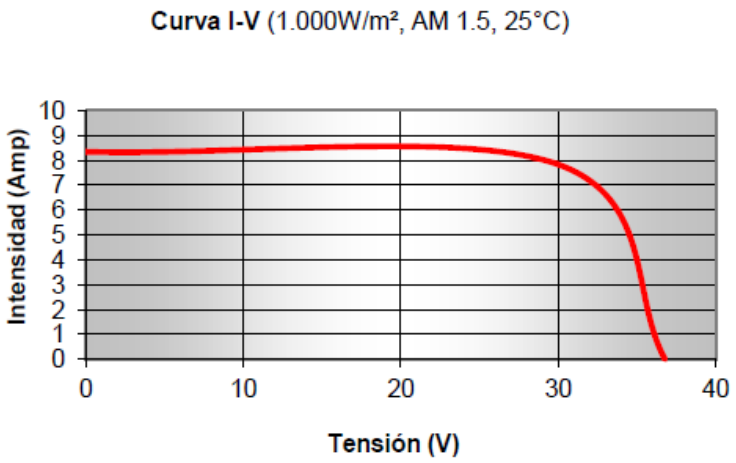

Figura 10: Curva de potencia I-V del panel fotovoltaico. [3]

9.2 Aerogenerador

El aerogenerador convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica, que puede ser usada para la carga de baterías, electrificación de casas y granjas, reducción del consumo de generadores diesel, accionamiento de bombas para la extracción de agua, etc. Dada la naturaleza intermitente del viento, es usual incorporar al sistema algún tipo de dispositivo de almacenamiento como las baterías. Su principal ventaja es que puede producir energía tanto de día como de noche.

Elección del aerogenerador

Para la realización de la segunda alternativa se ha estimado que para la velocidad media que hay en la zona de la vivienda, el aerogenerador pueda proporcionar alrededor de 3 kWh/dia.

En la vivienda se ha instalado un anemómetro que ha registrado la velocidad del viento durante una semana, dando una velocidad media en la zona de la vivienda de 5,3 m/s, la velocidad máxima alcanzada ha sido de 20,2 m/s y la velocidad mínima de 2,5 m/s. Como referencia también se ha tomado la velocidad media del viento que hay en el parque eólico de la localidad de Cañete a unos 35km de Landete. En dicho lugar la velocidad media es de 7,1 m/s

Dentro de la amplia oferta que hay en el mercado se ha escogido un aerogenerador de la marca Bornay. El modelo a utilizar es el Bornay 600. Este

aerogenerador dispone de un mecanismo de auto-orientación, con lo que puede producir energía eléctrica con cualquier dirección del viento.

Especificaciones del aerogenerador

Especificaciones técnicas	
Número de hélices	2
Diámetro [m]	2
Material	Fibra de vidrio/carbono
Dirección de rotación	En sentido contrario a las agujas del reloj
Sistema de control	1. Regulador electrónico 2. Pasivo por inclinación

Tabla 3: Especificaciones técnicas del aerogenerador.

Especificaciones eléctricas	
Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Ferrita
Potencia nominal [W]	600
Voltaje [V]	12, 24, 48
RPM	1000

Tabla 4: Especificaciones eléctricas del aerogenerador.

Velocidad del viento	
Para arranque [m/s]	3,5
Para potencia nominal [m/s]	11
Para frenado automático [m/s]	13
Máxima velocidad del viento [m/s]	60

Tabla 5: Velocidad del viento del aerogenerador.

Especificaciones generales	
Peso aerogenerador [Kg]	38
Garantía	3 años

Tabla 6: Especificaciones generales del aerogenerador.

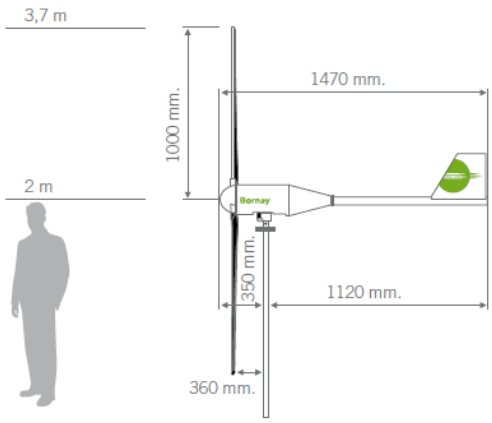

Figura 11: Dimensiones del aerogenerador. [4]

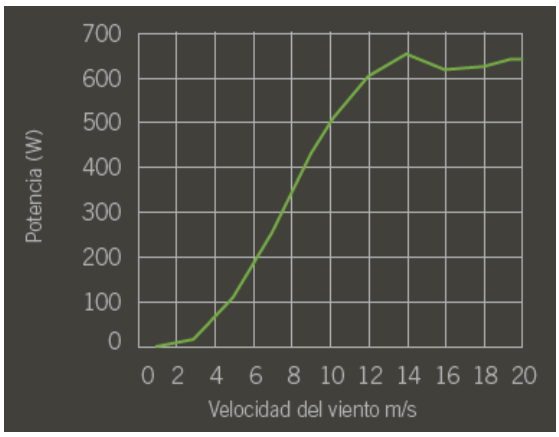

Figura 12: Curva de potencia del aerogenerador. [4]

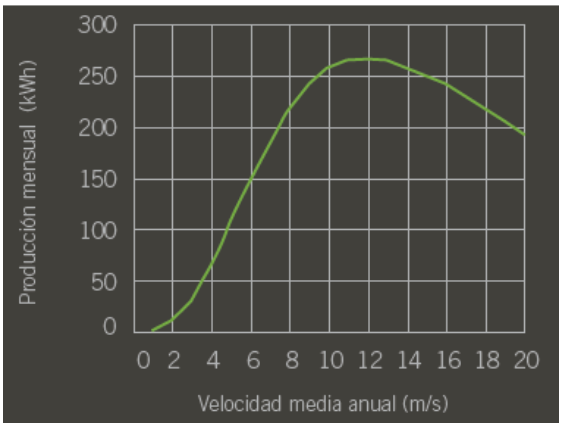

Figura 13: Curva de producción mensual del aerogenerador. [4]

De la curva de producción mensual se puede observar que para la velocidad media del viento de 5 m/s se producen alrededor de 100 kWh/mes con lo que la producción diaria del aerogenerador se puede estimar en 3,22 kWh/dia.

9.3 Regulador

El regulador es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de la batería. El voltaje debe ser el mismo que el del banco de baterías. Las principales tareas que realiza son:

- Evita sobrecargas en la batería que una vez cargada la batería no continúe cargando la batería. Así se evita la degradación de gases y la disminución del líquido en el interior de la batería; en consecuencia aumenta la vida de la batería.
- Impide la sobredescarga de la batería en periodos superiores a los días de autonomía de la instalación. Cuando una vez la batería esté descargada no continúe suministrando corriente a la instalación.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

Tipos de reguladores

- **PWM:** sistema convencional y barato, con intensidades de hasta 60A. Tienen una vida útil larga, la mayoría tiene un sistema de refrigeración pasiva.
- **MPPT:** ofrecen un incremento del rendimiento de hasta un 30% ya que siempre tienen al panel fotovoltaico en su punto de máxima potencia dentro de la curva I-V. Soportan intensidades de hasta 100A. Por el contrario son más caros que los PWM.

Elección del regulador

Para la alternativa solar fotovoltaica utilizaremos un regulador del tipo MPPT. Dado que nos proporciona un rendimiento mayor y trabajaremos con una potencia e intensidad elevada.

El regulador elegido de la marca OUTBACK modelo FM 80. Este regulador incrementa la producción del sistema fotovoltaico un 30%, su algoritmo avanzado permite el seguimiento del punto de máxima potencia en tiempo real. 80A de salida hasta 40ºC, voltajes de batería de 12 a 60VCC, con detección automática de voltaje de batería. Programable a través de la red de datos OutBack. Contiene salida auxiliar programable y 128 días de registro de datos.

Figura 14: Regulador OUTBACK FM 80. [5]

Especificaciones del regulador

Especificaciones técnicas	
Voltajes de batería nominal [Vcc]	12, 24, 36, 48 o 60
Corriente máxima de salida [A]	80 a 40ºC
Potencia máxima	12Vcc systems 1250W, 24 Vcc systems 2500W, 48 Vcc systems 5000W, 60 Vcc systems 7500W
Voltaje circuito abierto [Vcc]	150
Consumo en espera [W]	< 1W
Eficiencia	97,5

Tabla 7: Especificaciones técnicas del regulador.

Especificaciones generales	
Longitud [mm]	413
Anchura [mm]	140
Profundidad [mm]	100
Peso [kg]	5,56

Tabla 8: Especificaciones generales del regulador.

Para la alternativa solar fotovoltaica y eólica elegiremos un regulador híbrido que nos permitirá almacenar a la vez la energía producida por los paneles fotovoltaicos y el aerogenerador. Este inversor también es del tipo MPPT.

El regulador elegido es de la marca ESHIA, cuyo modelo a utilizar es el RESO-REOLO-REHIDRO.80 12/48V

Figura 15: Regulador RESO-REOLO-REHIDRO.80 12/48V. [6]

Especificaciones del regulador

Especificaciones técnicas	
Voltajes de batería nominal [Vcc]	12, 24, 36, 48
Corriente máxima de salida [A]	40A solar + 40A eólica
Potencia máxima	12Vcc systems 1150W, 24 Vcc systems 2300W, 48 Vcc systems 4600W
Voltaje circuito abierto [Vcc]	150
Consumo en espera [W]	< 1W
Eficiencia	95 %

Tabla 9: Especificaciones técnicas del regulador.

Especificaciones generales	
Longitud [mm]	325
Anchura [mm]	330
Profundidad [mm]	115
Peso [kg]	9

Tabla 10: Especificaciones generales del regulador.

9.4 Acumulador

El acumulador es una parte esencial de la instalación, ya que es el posibilita el almacenaje de la energía, para su posterior uso, por ello se necesitan para instalaciones aisladas. Las más utilizadas son las baterías estacionarias, que se utilizan también como sistemas de alimentación ininterrumpida. La principal característica es que son capaces de permanecer largos periodos de tiempo totalmente cargadas y, además, son capaces de resistir cargas profundas de forma esporádica.

Se define como capacidad de una batería a la cantidad de electricidad que puede suministrarse durante la descarga completa del acumulador plenamente cargado y se mide en amperios por hora (Ah). Si el tiempo de suministro de la energía es muy corto, la capacidad de la batería disminuye, mientras que si el tiempo de la descarga aumenta haciéndose ésta lenta, la capacidad aumenta.

Tipos de baterías

Las baterías más adecuadas para sistemas fotovoltaicos son las de plomo ácido, las cuales se pueden simplificar en los tres tipos siguientes:

- **Estacionarias monobloc:** como su propio nombre indica, está formada en una solo bloque; es decir, no es necesario asociarlas para obtener los 12 voltios y son de menor capacidad que las translúcidas o herméticas de un vaso o célula. Se utilizan en pequeñas instalaciones de poca potencia. Suelen tener un tamaño mayor que las utilizadas en vehículos, pero eso dependerá de la capacidad de la batería.

Figura 16: Batería estacionaria monobloc. [2]

- **Estacionarias translúcidas o transparentes:** son baterías que se encuentran separadas en células pero el material que lo cubre permite ver el interior de la batería (transparente) o no (translúcida). Como son baterías de un vaso o célula, su tensión es del orden de 2,2 voltios por lo que es necesario conectarlas en serie para obtener tensiones mayores. Este tipo de baterías son de mayor tamaño que las monobloc y de mayor

peso, suelen ser distribuidas sin electrolítico (ácido) para facilitar su instalación y deben ser rellenadas después de su colocación.

Figura 17: Batería estacionaria translúcida y transparente. [2]

- **Estacionarias herméticas:** son las denominadas como sin mantenimiento; no se tiene acceso a su interior. Este tipo de baterías pueden ser selladas gelidificadas que presentan como característica que el electrolito es mucho más denso, por lo que no se derraman y pueden montarse en cualquier posición. Este tipo de baterías no tiene un buen comportamiento ante descargas profundas. Deben ser sometidas a tareas de limpieza, control y recargas adicionales aunque se denominen sin mantenimiento.

Figura 18: Batería estacionaria hermética. [2]

Elección de la batería

Se utilizaran baterías estacionarias del tipo transparentes, ya que son baterías baratas en comparación con los otros dos tipos.

La batería elegida es 8 TOPzS 1000 de 2V y con capacidad de 1300Ah C_{100}. Con lo cual para poder conseguir los 48V de la instalación, necesitamos conectar 24 baterías en serie. Tiene una vida media superior a los 15 años en condiciones óptimas.

Especificaciones de la batería

Especificaciones técnicas	
Tipo	Plomo ácido
Tensión [V]	2
Capacidad C_{100} [Ah]	1300

Tabla 11: Especificaciones técnicas de la batería.

Especificaciones generales	
Longitud [mm]	720
Anchura [mm]	198
Profundidad [mm]	191
Peso sin ácido [kg]	50,2
Peso con ácido [kg]	72,5

Tabla 12: Especificaciones generales de la batería.

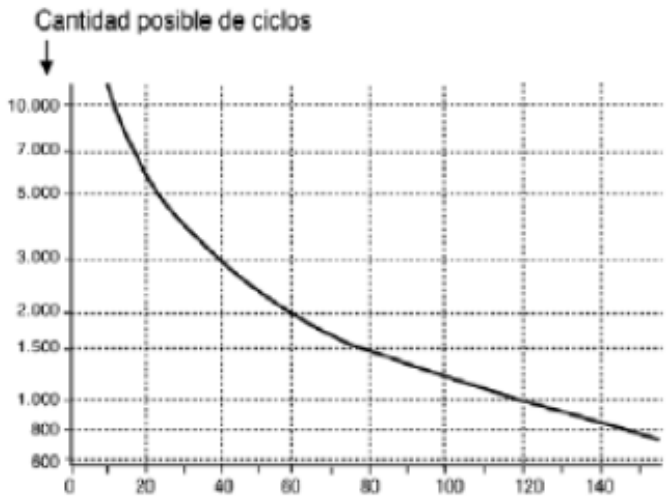

Figura 19: Grafico cantidad de ciclos – profundidad de descarga en % de 10h/cap.nominal. [3]

9.5 Inversor

Un inversor, también llamado ondulador o convertidor, es un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada. Los inversores son utilizados en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para ordenadores, hasta aplicaciones industriales para manejar alta potencia.

En esta instalación se empleará para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos y los aerogeneradores, que ha sido almacenada en los acumuladores o baterías, en corriente alterna y de esta manera poder ser consumidos por los electrodomésticos y luces.

Como inversor se pueden encontrar los de onda modificada u onda pura.

Los de onda modificada (*MSW o modify sine wave*) pueden alimentar a la mayoría de electrodomésticos. Sin embargo, esta forma de onda puede presentar algunos problemas de rendimiento con cargas inductivas (por ejemplo motores). A pesar de estas limitaciones, son muy utilizados debido a su reducido precio.

Los inversores de onda sinusoidal pura (*PSW o pure sine wave*) son los más sofisticados del mercado. Diseñados para reproducir la energía suministrada por las compañías eléctricas, la onda sinusoidal es la mejor forma de onda eléctrica para alimentar equipos electrónicos más sofisticados. Por el contrario, son más caros que los de onda modificada.

Elección del inversor

Como la tecnología evoluciona y cada vez se utilizan más equipos electrónicos sofisticados, se ha optado por instalar un inversor de onda sinusoidal pura.

Se ha estimado a partir de datos anteriores, que la potencia máxima simultánea a consumir por la vivienda es de 3,39 kW. Sabiendo que es para una instalación aislada el inversor elegido es de la marca STUDER cuyo modelo es el XTH 6000-48.

Figura 20: Inversor STUDER XTH 6000-48. [7]

El inversor elegido tiene una potencia de 6 kW y trabaja a 48V. Es un inversor de gran rendimiento entorno al 96%.

El inversor está equipado con una entrada de comando y 2 contactos auxiliares configurables. Esto permite un control automático de la instalación o un corte de suministro cuando el voltaje de la batería es demasiado bajo.

La gama Xtender tiene la posibilidad de implementar accesorios con funcionalidades especiales.

La instalación STUER XTH 6000-48 consiste en montarlo en una pared y conectar la entrada de CC a un campo fotovoltaico y/o aerogeneradores y a los consumos.

En la siguiente figura se muestra una instalación típica.

Figura 21: Instalación típica de paneles fotovoltaicos y aerogenerador. [2]

Especificaciones del inversor

Especificaciones técnicas	
Tipo de onda	Sinusoidal pura
Voltaje nominal de salida [Vca]	230 (± 2%)
Frecuencia nominal de salida [Hz]	50
Tensión nominal de batería [V]	48
Campo de tensión de entrada [V]	38 - 68
Potencia continua	5000 [VA]; 4500 [W]
Rendimiento máximo	96 %
Consumo Off/ Stand-by/ ON	1,8W/ 2,2W/ 22W
Distorsión harmónica	< 2%
Rango de temperatura de trabajo [ºC]	-20 a 55

Tabla 14: Especificaciones técnicas del inversor.

Especificaciones generales	
Longitud [mm]	500
Anchura [mm]	300
Profundidad [mm]	230
Peso [kg]	42

Tabla 15: Especificaciones generales del inversor.

10 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

10.1 Sujeciones para los módulos fotovoltaicos

Las sujeciones serán encargadas a la empresa española Soportes Solares S.L. Dentro del amplio catálogo la empresa dispone de un kit específico para autoconsumo. Tienen kits compuestos por packs para tres o cinco módulos. En este proyecto para las dos alternativas se escoge el kit para tres módulos. En la primera alternativa se necesitan cuatro kits, y para la segunda alternativa se necesitan dos kits.

Como bien dice en el catálogo el kit está diseñado para inclinación del módulo a 30º, pero el fabricante ha dado la posibilidad de hacerlo a medida de este proyecto, por lo que el kit será fabricado para los 35º que necesita los módulos de este proyecto. Este kit tiene una resistencia a la tracción de 300kg por cada punto de apoyo.

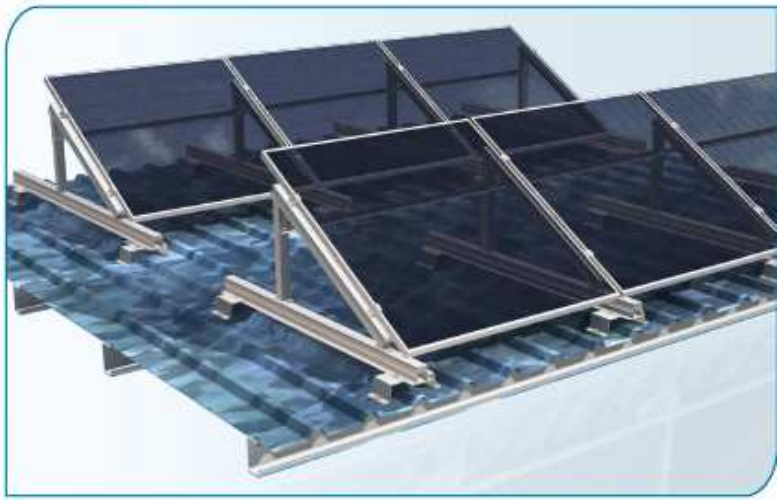

Figura 22: Kit de 3 módulos. [8]

El kit contiene los siguientes componentes:

- Cuatro bastidores en aluminio 6060T6 a 35º.
- Cuatro perfiles P26A en aluminio 6060T6 a 2m, con dos tubos de empalme 30x30x2 a 120mm.
- Ocho soportes S3 anclaje a chapa grecada.

Figura 23: Soporte S3. [8]

- Cuatro grapas de fijación G7 (finales) y cuatro grapas G6 (intermedias) en aluminio 6060T6.

Figura 24: Grapa G6 y G7. [8]

El anclaje a chapa grecada se fijara al tejado mediante taco químico.

10.2 Sujeciones para el aerogenerador

Para sujetar un aerogenerador existen distintos tipos de torres. A continuación se exponen los tipos de torres y sus principales características.

- **Torre tubular:** es la más utilizada debido a su simplicidad, facilidad de fabricación y bajo coste. Este tipo de torres permite incrementar su altura en un momento dado añadiendo más tramos de tubo y cambiando la distribución de los tensores.
- **Torre escalonada:** presenta la particularidad de, además de ser abatible, permitir ser trepada hasta el aerogenerador para realizar allí revisiones periódicas sin tener que abatir la torre. Las dimensiones de los tensores y de la torre serán mayores que en el tipo de torre tubular.
- **Torre de tipo celosía:** ya sea triangular o rectangular, no es abatible. Es mucho más ligera que las torres auto soportadas y de menor coste, pero no son suficientemente fuertes para soportar el peso de un aerogenerador y sus esfuerzos. El tipo de refuerzos que se utiliza para las torres celosía, es con tirantes, idéntico que con las abatibles.

Figura 25: Tipo de torres. [4]

Elección de la torre

Para la instalación del aerogenerador Bornay600 se elige una torre tubular abatible que fabrica la misma empresa del aerogenerador. El motivo de esta elección es por su simplicidad y bajo coste. También es destacable que con este tipo de torre podemos modificar la altura cuando lo deseemos. La altura a instalar el aerogenerador es de diez metros.

Se puede instalar este tipo de torre en pendientes y terrenos irregulares, pero es preferible y más sencillo hacerlo en terrenos planos. En el caso del presente proyecto el terreno es plano.

Los tensores deberán ser cables de acero de 6 a 10 mm de grosor, y su sujeción a la torre en la parte alta deberá estar por debajo del diámetro de las hélices.

Para la instalación de esta torre hay que asegurarse que se encuentra lejos de cualquier tendido eléctrico. Hay que localizar el punto exacto de instalación de la torre y marcar los puntos de anclaje de los tensores como se muestra en la figura siguiente:

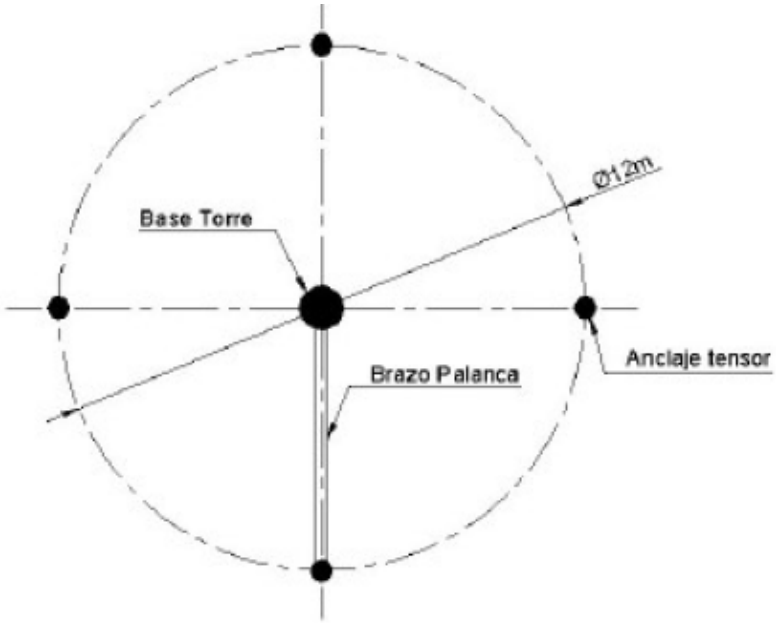

Figura 26: Esquema de instalación de la torre. [4]

Para la instalación de los anclajes se dispone de dos opciones, una mediante la fijación directa al suelo, u otra mediante cimentación. Se ha escogido la opción de cimentación para prevenir cualquier fallo del anclaje, ya que el suelo no es pedregoso. Una vez marcados los puntos de agarre hay que instalar los anclajes mirando hacia la torre tal y como se muestra en la siguiente figura, donde también se determina las dimensiones de la cimentación.

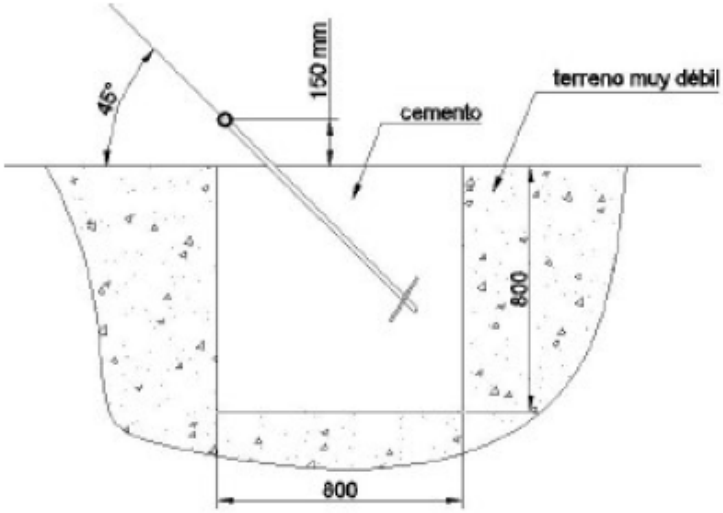

Figura 27: Figura de instalación de anclajes. [4]

Para la instalación de la torre se requiere de una cimentación de dimensiones de 750x750x750 mm. Se utiliza dos perfiles U-100 de 1500 mm de longitud como se muestra en la figura siguiente:

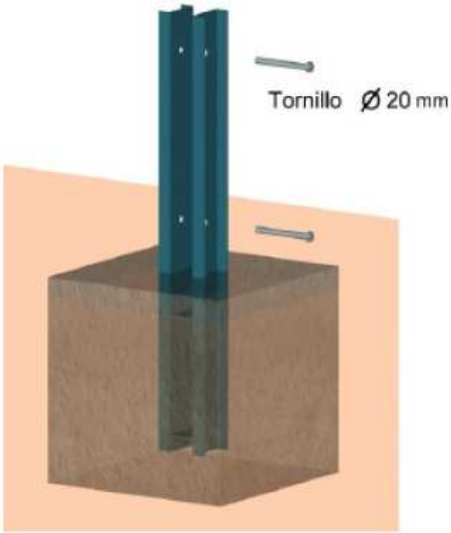

Figura 28: Fijación de la torre. [4]

Una vez la base de la torre y los anclajes de los tensores estén instalados se procederá al ensamblaje de los distintos tramos que conforman la altura total de la torre, incluyendo el adaptador para el aerogenerador, y finalmente, con el tornillo superior únicamente, a la base de la torre.

Para la unión de los distintos tramos de tubo se utilizará de la siguiente manera:

Figura 29: Unión tramo de tubos. [4]

Esta opción es la más económica y eficaz ya que no se requiere de soldadura. Cada tramo de tubo tiene una rosca interior en cada extremo. Para la unión de los tramos se utiliza un trozo de tubo de fontanería con rosca exterior de la misma métrica que en los tubos de la torre. Para aportar mayor rigidez a la unión los dos tipos de tubos se unen mediante tornillos pasantes fijados con rosca, como se puede apreciar en la figura anterior.

Para la unión de la base de la torre al brazo palanca de levantamiento de la torre se unirá de la misma manera que en los tramos tubulares. Pero en este caso el tubo de fontanería no será recto sino un codo como bien muestra la siguiente figura:

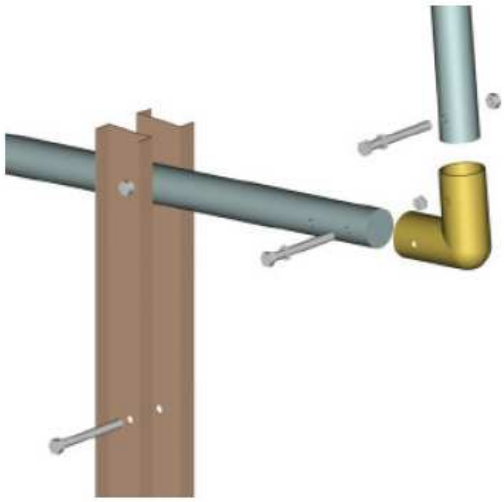

Figura 30: Unión de la base de la torre al brazo palanca. [4]

Para la unión de los tensores a la torre se soldarán en la torre cuatro barras de acero dobladas como se muestra en la siguiente figura:

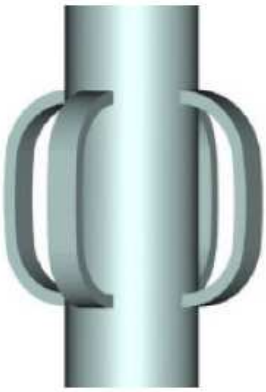

Figura 31: Sistema de unión de los tensores a la torre. [4]

La torre debe de presentar este aspecto antes de izarla:

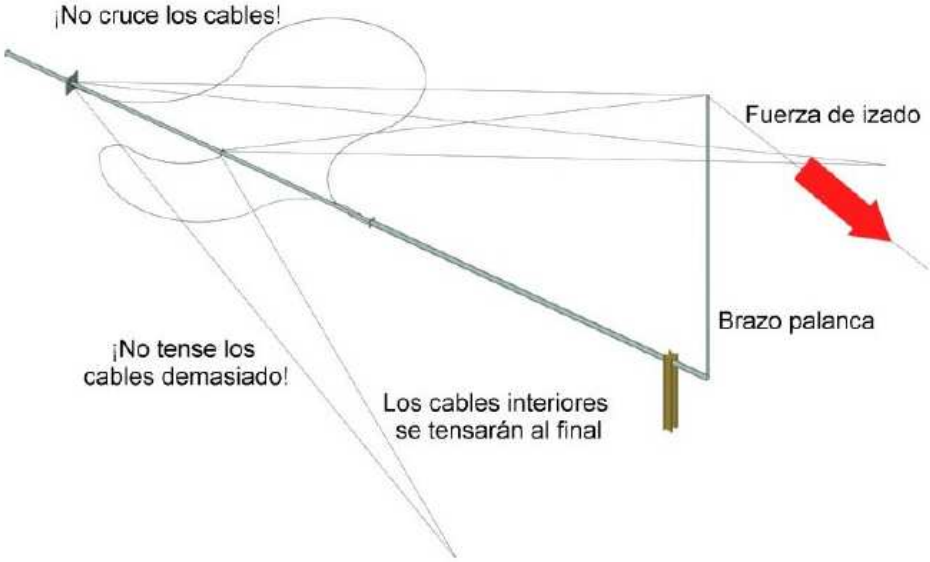

Figura 32: Aspecto final de la torre antes de izarla. [4]

Antes de izarla hay que conectarla a tierra. Esto no garantiza en todos los casos que el aerogenerador sobreviva al impacto de un rayo, pero en el peor de los casos reducirá sus efectos.

Para conectar a tierra su torre, entierre un cable de cobre de 3 a 4 m cerca de la base de la torre y conéctelo con un cable a la base de la torre.

11 SISTEMA DE SEGURIDAD

Los dos principales elementos de protección son el magnetotérmico y el fusible, que sirven como disparo de protección ante cortocircuitos y sobreintensidades.

Los dispositivos como el regulador o el inversor disponen de circuitería interna que se encarga de proteger ante sobretensiones o sobrecargas.

11.1 Tipos

A continuación, se muestra una breve descripción de los dos principales elementos de protección:

- **Fusible:** son dispositivos que se convierten en un circuito abierto cuando se sobrepasa cierto nivel de intensidad. Están constituidos por material aislante (porcelana, plástico o cristal) con tapas de material conductor insertadas en el cuerpo aislante. Entre dichas tapas y en el interior del material aislante va instalado el elemento fusible, que suele ser un conductor que por efecto térmico debido al paso de la corriente se quema, convirtiéndose en un circuito abierto. Su función es la de proteger el cableado, regulador, inversor y baterías.

  Una vez se deteriora el fusible, sólo puede ser reemplazado. Siempre debe ser de las mismas características. Normalmente, en la parte del material aislante se incluyen las distintas características del fusible: la intensidad nominal, el voltaje y el tipo de fusible.

Figura 33: Caja de fusibles y fusibles. [2]

- **Magnetotérmico:** dispositivo de protección ante cortocircuitos y sobrecargas. También se denomina PIA (Pequeño Interruptor Automático). Se denominan en función del número de conexiones, con la denominación de polos, denominándose: unipolar, bipolar, tripolar y tetrapolar, como se puede ver en la figura 27, ordenados de izquierda a derecha. Su funcionamiento está basado en los efectos que se producen por la circulación de corriente eléctrica. El circuito magnético se encarga de proteger ante posibles cortocircuitos, y el circuito térmico protege ante posibles sobrecargas. Las características que definen a estos dispositivos son la tensión nominal, la intensidad, el poder de corte, número de polos.

Figura 34: Dispositivo magnetotérmico. [2]

11.2 Elección del elemento protector

Se ha elegido como elemento protector el fusible, ya que es de simple mantenimiento y económico. Los fusibles serán del fabricante DF.

En la primera y segunda alternativa se instalaran los fusibles en sus respectivas cajas de fusibles. Se utilizara un fusible por cada rama del paralelo, la intensidad a soportar por estos fusibles es de un 30% más de la ICC de los paneles. Con lo que la intensidad a soportar es la siguiente:

$$I_{fusible} = 1{,}3 \cdot I_{cc} = 1{,}3 \cdot 7{,}84 = 10{,}192\ A$$

Como los fusibles están normalizados, dentro del catálogo del fabricante se escoge un fusible de 16 A.

En la segunda alternativa se ha consultado al fabricante del aerogenerador y recomiendan no utilizar fusible, ya que puede provocar que el sistema de frenado automático varíe sus condiciones y pueda producir daños en el aerogenerador.

En las dos alternativas se instalará un fusible entre el regulador y el campo de baterías. Este fusible se escoge a partir de la recomendación que hace el fabricante del regulador, que recomienda sobredimensionar la corriente en un 25%. En las dos alternativas la corriente máxima soportada por el regulador es de 80 A. Por lo que el fusible a utilizar debe ser de:

$$I_{fusible} = 1{,}25 \cdot I_{máx} = 1{,}3 \cdot 80 = 100\ A$$

Según catálogo del fabricante se escoge un fusible de 100 A.

Por último se instalará un fusible entre el regulador, campo de baterías e inversor. En las dos alternativas se instalará el mismo fusible. Para la determinación de este fusible se tendrá en cuenta la potencia del inversor y la tensión del sistema. Por lo que en el siguiente cálculo se determina la intensidad a soportar:

$$I_{fusible} = \frac{P_{inveror}}{V} = \frac{4500}{48} = 93{,}75\ A$$

Según catálogo del fabricante se debería escoger un fusible de 100 A pero al no haber aplicado ningún coeficiente de seguridad y ser un poco justo, se escoge un fusible de 125 A.

12 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

La vivienda consta de dos plantas y un garaje. En la primera planta únicamente hay un comedor con cocina y un váter. En la segunda planta hay tres habitaciones y un váter. El garaje antiguamente consistía en un almacén de materiales de construcción. La vivienda también dispone de un jardín. La altura de la vivienda es de 4,75m. A continuación se muestra la superficie habitable:

Dependencia	Superficie [m^2]
Comedor/cocina	28,04
WC 1	3,77
Habitación 1	9,36
Habitación 2	6,44
Habitación 3	4,69
WC 2	5,31
Almacén/Garaje	186,65
Jardín	880,05

Tabla 16: Superficies de la vivienda.

13 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Para poder dimensionar las dos alternativas se ha de tener en cuenta las necesidades que se quieren cubrir, entonces se podrá calcular la energía necesaria.
Una vez conseguidos estos datos se podrá calcular el número de paneles necesarios.

13.1 Cargas eléctricas a cubrir y energía necesaria

La vivienda dispone mayoritariamente de electrodomésticos de bajo consumo etiquetados con la clase A. Toda la iluminación de la vivienda se compone de bombillas de bajo consumo. A continuación se muestra un cuadro resumen de las cargas eléctricas a cubrir y una estimación del consumo diario de la vivienda.

En otros consumos se han tenido en cuenta el consumo de cargadores de móviles, router de internet y otros consumos de poca cantidad.

Cargas	Potencia [W]	Cantidad	Tiempo [h/día]	Energía consumida [kWh/día]
Pc portátil	65	2	3	0,39
TV pequeña	48	2	2	0,192
TV grande	100	1	8	0,8
Lavadora	700	1	1	0,7
Nevera	90	1	8	0,72
Horno	900	1	1	0,9
Microondas	800	1	0,33	0,264
Otros consumos				0,7
Bombilla 1 comedor	20	1	3	0,06
Bombilla 2 comedor	20	1	2	0,04
Bombilla habitación 1	15	1	4	0,6
Bombilla habitación 2	15	1	0,5	0,0075
Bombilla habitación 3	15	1	0,5	0,0075
Bombilla váter 1	15	1	1,5	0,0225
Bombilla váter 2	15	1	0,5	0,0075
Total				4,871

Tabla 17: Cargas eléctricas a cubrir y energía necesaria.

El consumo diario de la vivienda es de 4,871 kWh/día.

Para poder realizar los cálculos de las dos alternativas necesitamos saber las horas de pico solar (HPS), que dependerá de la zona geográfica. Se puede definir las horas de pico solar como las horas de irradiación diarias, cuyo valor puede variar desde 3 a 7 horas, dependiendo del mes y lugar de la instalación.

Se han obtenido los valores de HPS a partir de los valores estadísticos históricos de la zona. La base de datos consultada ha sido *PVGIS* (*Photovoltaic Geographical Information System*). La base de datos también te proporciona la inclinación óptima a la que instalar los paneles.

Mes	H_h	H_{opt}	H(50)	I_{opt}	T_{24h}
Enero	2150	3610	3930	63	5.4
Febrero	2880	4180	4380	54	6.4
Marzo	4290	5390	5390	43	9.3
Abril	5160	5520	5210	26	11.2
Mayo	6350	6120	5520	13	15.3
Junio	6910	6350	5600	6	20.5
Julio	6990	6570	5840	10	22.9
Agosto	6160	6370	5900	22	22.7
Setiembre	4940	5890	5770	37	18.5
Octubre	3480	4820	4970	51	14.3
Noviembre	2290	3630	3900	60	8.6
Diciembre	1820	3140	3440	64	5.6
Media año	4460	5140	4990	35	13.4

Tabla 18: Tabla de resultados de PVGIS.

- **H_h:** Irradiación en el plano horizontal (Wh/m^2).
- **H_{opt}:** Irradiación con una inclinación óptima (Wh/m^2).
- **H(50):** Irradiación con la inclinación introducida, en este caso 50º, (Wh/m^2).
- **I_{opt}:** Inclinación óptima (grados).
- **T_{24h}:** Temperatura media al día (ºC).

Inclinación óptima: 35º

Los paneles se instalaran a una inclinación de 35º, ya que el tejado es plano. Los paneles se orientarán hacia el sur. Como el tejado es plano la inclinación de los panees no dependerá del lugar del tejado donde se ubique.

En nuestro caso el estudio de los consumos diarios ha sido realizado en la época de invierno, ya que es la época más desfavorable al haber menos horas de luz y por lo tanto un mayor consumo de energía. Con lo cual cogemos el valor más bajo de H_{opt} de los meses de invierno, con lo cual tenemos 3610 Wh/m^2. Para el cálculo de la HPS utilizaremos la siguiente fórmula:

$$HPS = \frac{H_{opt}}{I_\beta}; [h]$$

El valor de potencia de irradiación incidente (I_β) en condiciones estándar de medida es de: 1000 W/m^2. Por lo que mediante la fórmula anterior obtenemos un HPS en el mes de enero de 3,61 h

También es necesario definir los días de autonomía. Se entiende como días de autonomía a la cantidad de días con baja o nula irradiación y viento, que funcionará la instalación, es decir, que la instalación funcione sin necesidad de que se suministre energía desde los paneles o aerogenerador.

La alternativa de instalación fotovoltaica tendrá 4 días de autonomía, ya que por la localización geográfica de la vivienda suelen haber como máximo 4 días consecutivos con el cielo nublado. En cambio, para la alternativa de instalación fotovoltaica y eólica se ha escogido 3 días, ya que en la zona donde está situada la vivienda se estima que como máximo hay 3 días consecutivos sin que pase suficiente viento para el aerogenerador.

Una vez determinados los componentes a utilizar, el consumo de la vivienda y las horas de pico solar se procede al cálculo de la instalación para determinar el número de unidades a emplear de cada componente.

13.2 Alternativa 1: Instalación solar fotovoltaica a 48V

El consumo a cubrir por la instalación es de 4871 Wh/dia. Incrementaremos el consumo en un veinte por ciento como margen de seguridad:

$$P_{max} = 1{,}2 \cdot 4871 = 5845{,}2\ Wh/dia$$

A continuación se calcula las pérdidas totales con la siguiente fórmula:

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_d}\right]$$

Los diferentes parámetros de la ecuación de pérdidas totales son:

- **K_A:** pérdidas debido a la autodescarga diaria de la batería, dada a los 20ºC. Su valor por defecto es del 50%. También son muy comunes valores del 60 y 70%.
- **K_B:** pérdidas debido al rendimiento de la batería que, por lo general, tiene un valor del 5%, pero puede escogerse un valor de 10% para viejos acumuladores, fuertes descargas o bajas temperaturas.
- **K_C:** pérdidas debido al rendimiento del convertidor utilizado. Los valores por defecto suelen oscilar entre el 80% y el 95%, por lo que las pérdidas oscilarán entre el 20% y el 5%.
- **K_R:** pérdidas debido al rendimiento del regulador empleado. Suele depender de la tecnología utilizada, pero si no se conoce se escoge el valor por defecto del rendimiento de 90%, por lo que las pérdidas serán de un 10%.

- **K_X:** otras pérdidas no contempladas (por el efecto Joule, caídas de tensión, etc.); se escoge un valor por defecto del 10%.
- **D_{aut}:** días de autonomía con baja o nula insolación.
- **P_d:** profundidad de descarga de la batería, por defecto se escoge un valor del 60 o 70%.

Nota: Aunque se han dado los valores en tanto por cien, para el cálculo en la ecuación K_T, se utiliza el tanto por uno (en lugar de 50% se utiliza 0,5).

$$K_T = [1 - (0{,}05 + 0{,}04 + 0{,}025 + 0{,}1)] \cdot \left[1 - \frac{0{,}5 \cdot 4}{0{,}6}\right] = 0{,}76$$

Una vez obtenidas las pérdidas totales se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$C_{max} = \frac{P_{max}}{K_T} = \frac{5845{,}2}{0{,}76} = 7691{,}05\ Wh/dia$$

Ahora se procede al cálculo de la energía que es capaz de suministrar un panel al 90% de rendimiento y con las horas de pico solar que hay en la vivienda:

$$E_{panel} = 0{,}9 \cdot P_{panel} \cdot HPS = 0{,}9 \cdot 230 \cdot 3{,}61 = 747{,}27\ Wh/dia$$

Una vez calculada la energía que suministra un solo panel se procede al cálculo del número de módulos necesarios:

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{7691{,}05}{747{,}27} = 10{,}29\ paneles$$

El resultado es de 10,29 paneles, se ha de redondear al alza, ya que si se redondea a la baja se producirá menos energía de la que demanda la vivienda. Pero el número total de paneles a emplear debe ser múltiplo de un número, con lo cual será necesario emplear doce paneles.

Ahora es necesario calcular el campo de baterías con la siguiente fórmula:

$$P_{c.} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_d} = \frac{7691{,}05 \cdot 4}{0{,}6} = 51273{,}67\ Wh \rightarrow C_{c.baterias} = \frac{51273{,}67}{48} = 1068{,}2\ Ah$$

Sabiendo el campo de baterías ya se puede calcular el número de baterías:

$$\frac{C_{c.bateria}}{C_{nominal}} = \frac{1068{,}2}{1300} = 0{,}82 \cong 1\ rama$$

Como las baterías son de 2V, necesitaremos conectar en serie 24 baterías para obtener los 48V, ya que solo se necesita una rama de baterías conectadas en serie.

A continuación se procede a calcular la configuración del conexionado de los módulos. El regulador tiene una V_{oc} = 150V, pero se le quita un 10% como margen de seguridad, con lo que la V_{oc} del regulador es 135V.

Con los datos del regulador y del panel se calcula el número de paneles mínimos y máximos conectados en serie que soporta el regulador.

$$Nº\ máximo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{V_{oc\ regulador}}{V_{oc\ panel}} = \frac{135}{36{,}8} = 3{,}66 \cong 3$$

$$Nº\ mínimo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{V_{\min regulador}}{V_{\max panel}} = \frac{45}{30{,}01} = 1{,}49 \cong 2$$

Se procede a calcular el número mínimo y máximo de ramas en paralelo a utilizar:

$$Nº\ mínimo\ ramas\ paralelo = \frac{nº\ paneles}{nº\ máx.\ en\ serie} = \frac{12}{3} = 4$$

$$Nº\ máximo\ ramas\ paralelo = \frac{nº\ paneles}{nº\ mín.\ en\ serie} = \frac{12}{2} = 6$$

Hay tres posibilidades de conexionado de los paneles. La única posibilidad de conexionado que no se puede utilizar es la de cinco ramas en paralelo, ya que cinco no es múltiplo de doce. Entonces tanto cuatro como seis ramas son válidas. La conexión de cuatro ramas en paralelo quiere decir que en cada rama hay tres módulos conectados en serie. Esto hace que en cada rama hay 72 V, pero no hay ningún problema ya que el regulador por si solo se encarga de regular la tensión a los 48V del campo de baterías. Para este proyecto se escoge la conexión con seis ramas, donde en cada rama hay dos módulos conectados en serie.

Por último se calcula el número de reguladores de carga necesarios con las siguientes fórmulas:

$$P_{campo_fotovoltaico} = P_{panel} \cdot nºpaneles\ en\ serie = 230 \cdot 2 = 460\ W$$

$$I_{campo} = \frac{P_{campo_{fotovoltaico}} \cdot nº\ de\ ramas}{V_{c.baterias}} = \frac{460 \cdot 6}{48} = 57{,}5\ A$$

$$Nº\ reguladores = \frac{I_{campo}}{I_{regulador}} = \frac{57{,}5}{80} = 0{,}719\ \cong 1$$

13.3 Alternativa 2: Instalación solar fotovoltaica y eólica a 48V

El procedimiento de cálculo en esta alternativa es prácticamente idéntico a la anterior alternativa. La diferencia que hay es que en esta alternativa se utiliza un aerogenerador de baja potencia y un regulador de carga híbrido que permite cargar el campo de baterías con la energía producida por los módulos solares y el aerogenerador. También se ha reducido la autonomía de la instalación a tres días.

De los datos del fabricante del aerogenerador sabemos que nos va a producir alrededor de 3,2 kWh/dia.

Con lo cual la instalación fotovoltaica debe producir el resto de la demanda de la vivienda, que es de 2,371 kWh/dia. Incrementaremos el consumo en un veinte por ciento como margen de seguridad:

$$P_{max} = 1{,}2 \cdot 2371 = 2845{,}2\ Wh/dia$$

A continuación se calcula las pérdidas totales con la siguiente fórmula:

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_d}\right]$$

$$K_T = [1 - (0{,}05 + 0{,}04 + 0{,}05 + 0{,}1)] \cdot \left[1 - \frac{0{,}5 \cdot 3}{0{,}6}\right] = 0{,}74$$

Una vez obtenidas las pérdidas totales se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$C_{max} = \frac{P_{max}}{K_T} = \frac{2845{,}2}{0{,}74} = 3839{,}68\ Wh/dia$$

Ahora se procede al cálculo de la energía que es capaz de suministrar un panel al 90% de rendimiento y con las horas de pico solar que hay en la vivienda:

$$E_{panel} = 0{,}9 \cdot P_{panel} \cdot HPS = 0{,}9 \cdot 230 \cdot 3{,}61 = 747{,}27\ Wh/dia$$

Una vez calculada la energía que suministra un solo panel se procede al cálculo del número de módulos necesarios:

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{3839{,}68}{747{,}27} = 5{,}14\ paneles$$

El resultado es de 5,14 paneles, como se ha comentado en la anterior alternativa el número total de paneles a emplear debe ser múltiplo de un número, con lo cual será necesario emplear seis paneles.

El campo de baterías no es necesario calcularlo de nuevo ya que al reducir los días de autonomía se reduce la capacidad del campo de baterías necesaria. Se utiliza la misma configuración que en la alternativa anterior ya que cada batería es de 2V y se necesitan 48V para el campo de baterías.

A continuación se procede a calcular la configuración del conexionado de los módulos. El regulador tiene una V_{oc} = 150V, pero se le quita un 10% como margen de seguridad, con lo que la V_{oc} del regulador es 135V.

Con los datos del regulador y del panel se calcula el número de paneles mínimos y máximos conectados en serie que soporta el regulador.

$$Nº\ máximo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{V_{oc\ regulador}}{V_{oc\ panel}} = \frac{135}{36{,}8} = 3{,}66 \cong 3$$

$$Nº\ mínimo\ de\ paneles\ en\ serie = \frac{V_{\min regulador}}{V_{\max panel}} = \frac{4}{30{,}01} = 0{,}13 \cong 1$$

Se procede a calcular el número mínimo y máximo de ramas en paralelo a utilizar:

$$Nº\ mínimo\ ramas\ paralelo = \frac{nº\ paneles}{nº\ máx.\ en\ serie} = \frac{6}{3} = 2$$

$$Nº\ máximo\ ramas\ paralelo = \frac{nº\ paneles}{nº\ mín.\ en\ serie} = \frac{6}{1} = 6$$

Hay varias posibilidades de conexionado de los paneles. Las únicas posibilidades validas son las conexiones el numero de ramas múltiplo de seis y cuyo tensión en cada rama no sea inferior a 48V, es decir solo se puede la configuración con dos o tres ramas en paralelo. En esta alternativa se decide por utilizar tres ramas, con dos paneles conectados en serie en cada una

El regulador híbrido admite hasta 40 A para la parte fotovoltaica y otros 40 A para la eólica. Por último se calcula el número de reguladores de carga necesarios con las siguientes fórmulas:

$$P_{campo_fotovoltaico} = P_{panel} \cdot n^{o}paneles\ en\ serie\ por\ rama = 230 \cdot 2 = 460\ W$$

$$I_{campo_fotovoltaico} = \frac{P_{campo_fotovoltaico} \cdot n^{o}\ de\ ramas}{V_{c.baterias}} = \frac{460 \cdot 3}{48} = 28{,}75\ A$$

$$N^{o}\ reguladores = \frac{I_{campo_fotovoltaico}}{I_{regulador}} = \frac{28{,}75}{40} = 0{,}72\ \cong 1$$

$$P_{aerogenerador} = 600\ W$$

$$I_{campo_aerogenerador} = \frac{600}{48} = 12{,}5\ A$$

$$N^{o}\ reguladores = \frac{I_{campo_aerogenerador}}{I_{regulador}} = \frac{12{,}5}{40} = 0{,}31 \cong 1$$

13.4 Cálculo de la sección del cableado

En este apartado se calcula la sección del cableado de corriente continua y la sección del cable de corriente alterna que conecta el inversor a la vivienda. El cable a utilizar es de cobre cuya conductividad es de 56 m/Ωmm^2. La determinación de las secciones se hace mediante el ICT-BT-19 del REBT.

La caída de tensión en corriente continua se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variará en función de los equipos que interconecta:

- Caídas de tensión entre generador (módulo o campo generador) y regulador/inversor: 3%
- Caídas de tensión entre regulador y batería: 1%
- Caídas de tensión entre inversor y batería: 1%
- Caídas de tensión entre regulador e inversor: 1%
- Caídas de tensión entre inversor/regulador y equipo: 3%

El cálculo de la sección en corriente continua se hace mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{R \cdot \Delta V}$$

Donde:

- L es la longitud de cable a emplear en metros.
- I es la corriente que pasa por el cable en condiciones normales.
- R es la conductividad del cable.
- ΔV es la caída de tensión según los equipos que interconecta el cable.

Los cables del exterior deben estar protegidos contra la intemperie. En las instalaciones de corriente continua, los polos positivos y negativos se conducirán por separados y protegidos y señalizados.

El cálculo de la sección en corriente alterna se hace mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot cos\varphi \cdot L \cdot I}{R \cdot \Delta V}$$

Donde:

- Cosφ, factor de potencia.
- L es la longitud de cable a emplear en metros.
- I es la corriente que pasa por el cable en condiciones normales.
- R es la conductividad del cable.
- ΔV es la caída de tensión, en corriente alterna se estima en un 3%.

La elección de las secciones se hace mediante la siguiente tabla:

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[1] en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficial o emprotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[3]					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4] Distancia a la pared no inferior a 0.3D[5]						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[6] Distancia a la pared no inferior a D[5]							3x PVC			3x XLPE o EPR[11]	
G		Cables unipolares separados mínimo D[5]									3x PVC[9]		3x XLPE o EPR
		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 19: Intensidades admisibles. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento. [9]

Para los cables de interior de corriente continua se escogerá dentro de lo posible instalación del tipo B, ya que es específico para conductores aislados en tubos. Las siglas PVC o XLPE se refiere al tipo de aislante que tiene el cable conductor. Los cables de exterior y del interior de la vivienda irán alojados en tubo corrugado.

Los cables con los que se interconectan los módulos de cada rama deben de soportar mayor corriente que el fusible de protección instalado, con lo que deben de soportar más de 16 A. Para la elección de la sección del cable se utiliza la recomendación del fabricante del módulo solar, que recomienda una sección mínima de 6 mm^2, mirando en la tabla anterior se escoge un cable de esa sección y del tipo B de PVC 2x soportando 36 A.

En las dos alternativas hay instalado el mismo fusible entre el regulador y el campo de baterías. Este fusible soporta una corriente máxima de 100 A, por lo tanto, de la tabla anterior escogeremos para interconectar las baterías, un cable de 25 mm^2 de sección y con instalación tipo B de XLPE 2x soportando 116 A.

Para conectar la salida del inversor al circuito de corriente alterna de la casa se seguirá los cálculos según el REBT. El factor de potencia a utilizar es de uno, ya que es el máximo que puede alcanzar el inversor, una longitud de tres metros. La corriente a la salida del inversor de 56 A que se sobredimensiona en un 25% por motivos de seguridad dando 70 A, utilizando la fórmula expuesta anteriormente, se obtiene una sección mínima de:

$$S = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 70}{56 \cdot (0{,}03 \cdot 230)} = 1{,}81\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 25 mm^2 y tipo B de PVC 2x soportando 84 A.

Alternativa 1

Para conectar todas las ramas al regulador de carga sumamos las intensidades de los seis fusibles obteniendo 96 A, con lo que el cable debe soportar una corriente mayor. La sección la calculamos a partir de la fórmula anterior, con una longitud aproximada de cable de veinte metros y con la corriente de funcionamiento de 57,5 A:

$$S = \frac{2 \cdot 20 \cdot 57{,}5}{56 \cdot (0{,}03 \cdot 48)} = 28{,}52\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 35 mm^2 y tipo B de PVC 2x soportando 104 A.

Para conectar el regulador al campo de baterías se estima una longitud de cable de cinco metros, hay que tener en cuenta que el fusible instalado en este tramo es de 100 A. La sección mínima del cable es la siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot 5 \cdot 57{,}5}{56 \cdot (0{,}01 \cdot 48)} = 21{,}39\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 25 mm^2 y tipo B de XLPE 2x soportando 116 A. Para la interconexión entre baterías se utilizara el mismo cable y se estima la utilización de cuatro metros.

Para conectar el campo de baterías al inversor se estima una longitud de cable de ocho metros, hay que tener en cuenta que el fusible instalado en este tramo es de 125 A. La sección mínima del cable es la siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot 8 \cdot 57{,}5}{56 \cdot (0{,}01 \cdot 48)} = 34{,}23\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 35 mm^2 y tipo B de XLPE 2x soportando 137 A.

Alternativa 2

Para conectar todas las ramas al regulador de carga sumamos las intensidades de los tres fusibles obteniendo 48 A, con lo que el cable debe soportar una corriente mayor. La sección la calculamos a partir de la fórmula anterior, con una longitud aproximada de cable de veinte metros y con la corriente de funcionamiento de 28,75 A:

$$S = \frac{2 \cdot 20 \cdot 28{,}75}{56 \cdot (0{,}03 \cdot 48)} = 14{,}26\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 16 mm^2 y tipo B de PVC 2x soportando 66 A.

Para la conexión del aerogenerador al regulador se utilizará una longitud de cable de treinta metros. Según el manual del fabricante para instalación de 48V se utilizará un cable de sección mínima de 6 mm^2. También hay que tener en cuenta las indicaciones del fabricante del regulador que recomienda no utilizar una sección menor de 10mm^2. Sabiendo que la corriente que pasa por el cable en condiciones normales es de 12,5 A el cable elegido tiene una sección de 10 mm^2 y tipo E PVC 3x soportando 52 A.

Para conectar el regulador al campo de baterías se estima una longitud de cable de cinco metros, hay que tener en cuenta que el fusible instalado en este tramo es de 100 A. La sección mínima del cable es la siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot 5 \cdot 41{,}25}{56 \cdot (0{,}01 \cdot 48)} = 15{,}35\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 25 mm^2 y tipo B de XLPE 2x soportando 116 A. Para la interconexión entre baterías se utilizara el mismo cable y se estima la utilización de cuatro metros.

Para conectar el campo de baterías al inversor se estima una longitud de cable de ocho metros, hay que tener en cuenta que el fusible instalado en este tramo es de 125 A. La sección mínima del cable es la siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot 8 \cdot 41{,}25}{56 \cdot (0{,}01 \cdot 48)} = 24{,}55\ mm^2$$

A partir de la tabla se elige un cable de 35 mm^2 y tipo B de XLPE 2x soportando 144 A.

13.5 Toma de tierra

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

En este tipo de instalaciones se deberá disponer de una toma de tierra, que estará conectada como mínimo a la estructura del campo generador y a los marcos metálicos de los módulos fotovoltaicos.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Placas enterradas.
- Pilas verticales.
- Conductores enterrados horizontalmente.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo u otros efectos climáticos no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,5 metros.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la siguiente tabla, tomando como referencia la sección del conductor de fase.

Sección de conductores de fase (S_F) [mm^2]	Sección mínima de conductores de protección (S_P) [mm^2]
$S_F \leq 16$	$S_P = S_F$
$16 < S_F \leq 35$	$S_P = 16$
$S_F > 35$	$S_P = S_F/2$

Tabla 20: Sección de conductores de fase y de protección.

Por lo tanto en esta instalación la sección más grande que se utiliza es de 35 mm^2 con lo que la sección mínima a utilizar en los conductores de protección es de 16 mm^2.

En todos los casos, los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre, con una sección al menos de:

- 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica

El valor de la resistencia de tierra se calculará en función de la resistividad del terreno (ρ medida en ohmios por metro), la longitud de la pica o del conductor cuando se trata de una pica vertical (L medida en metros), o el perímetro de la placa cuando se trate de una placa enterrada (P medida en metros). En la siguiente tabla se muestran todas las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de la resistencia de tierra (R medida en ohmios) que han sido extraídas del ITC-BT-18.

Electrodo	Resistencia de tierra [Ω]
Placa enterrada	$R = \frac{0{,}8 \cdot \rho}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2 \cdot \rho}{L}$

Tabla 21: Resistencia de tierra.

El tipo de suelo donde se localiza la vivienda es del tipo arcilloso, consultando el REBT en la instrucción ITC-BT-18 determina que para el suelo arcilloso la resistividad del terreno es de 200 Ωm.

La instalación de tierra principal consistirá en una pica vertical de acero, con recubrimiento de cobre de 300 µm, y de un metro de longitud. El diámetro de la pica será de 14,6 mm. La pica estará enterrada verticalmente a una profundidad mínima de 0,5 m.

Con lo dicho anteriormente obtenemos el siguiente valor de resistencia que debe tener la pica:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{200}{1} = 200\,\Omega$$

14 PLANIFICACIÓN

14.1 Memoria técnica

TAREA	DURACIÓN (MESES)															
	Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
Búsqueda de información																
Cálculo del consumo de la vivienda																
Especificaciones de la instalación																
Búsqueda componentes alternativa 1																
Búsqueda componentes alternativa 2																
Dimensionado alternativa 1																
Dimensionado alternativa 2																
Cálculo y elección de los fusibles																
Cálculo y elección del tipo de cable																
Cálculo de la toma de tierra																
Documento memoria																
Documento pliego de condiciones																

Tabla 22: Planificación memoria técnica.

14.2 Ejecución instalación primera alternativa

En la planificación de la ejecución de la instalación no se determinan los meses concretos, ya que no se sabe cuando se ejecutará la obra.

TAREA	DURACIÓN (MESES)							
	1				2			
Montaje de los soportes para los módulos solares								
Montaje y conexionado de los módulos solares								
Adecuación del lugar donde se va a instalar los componentes de control y de acumulación								
Montaje y conexionado del regulador								
Montaje y conexionado de las baterías								
Montaje y conexionado del inversor								
Montaje y conexionado de los fusibles								
Montaje y conexionado toma de tierra								
Verificación y puesta en marcha								

Tabla 23: Planificación ejecución instalación primera alternativa.

14.3 Ejecución instalación segunda alternativa

En la planificación de la ejecución de la instalación no se determinan los meses concretos, ya que no se sabe cuando se ejecutará la obra.

TAREA	DURACIÓN (MESES)							
	1				2			
Montaje de los soportes para los módulos solares								
Cimentación de la torre del aerogenerador								
Montaje y conexionado de los módulos solares								
Montaje de la torre del aerogenerador								
Montaje y conexionado del aerogenerador								
Adecuación del lugar donde se va a instalar los componentes de control y de acumulación								
Montaje y conexionado del regulador								
Montaje y conexionado de las baterías								
Montaje y conexionado del inversor								
Montaje y conexionado de los fusibles								
Montaje y conexionado toma de tierra								
Verificación y puesta en marcha								

Tabla 24: Planificación ejecución instalación segunda alternativa.

15 PRESUPUESTO

15.1 Alternativa 1

Componentes	Unidades	Precio unidad [€/unidad]	Total [€]
Módulos fotovoltaicos	12	351,64	4.219,68
Regulador	1	634,26	634,26
Baterías	24	299,34	7.184,16
Inversor	1	3.531,50	3.531,50
Soporte módulos	4	152,93	611,72
Cable de 6 mm^2 E PVC	30 m	0,70 €/m	21,00
Cable de 25 mm^2 E XLPE	10 m	1,80 €/m	18,00
Cable de 25 mm^2 B1 PVC	5 m	1,60 €/m	8,00
Cable de 35 mm^2 B1 PVC	25 m	1,70 €/m	42,50
Cable de 35 mm^2 B1 XLPE	8 m	2,00 €/m	16,00
Tubo corrugado	45 m	0,14 €/m	6,30
Toma de tierra	1	5,66	5,66
Fusible 16A 10x25	6	0,61	3,66
Portafusible 16A 10x25	6	5,89	35,34
Fusible 100A NH1	1	8,01	8,01
Fusible 125A NH1	1	8,23	8,23
Portafusible NH1	2	10,35	20,70
		Total	16.374,72

Tabla 25: Presupuesto componentes alternativa 1.

15.2 Alternativa 2

Componentes	Unidades	Precio unidad [€/unidad]	Total [€]
Módulos fotovoltaicos	6	351,64	2.109,84
Aerogenerador	1	1.995,00	1.995,00
Regulador	1	1.990,00	1.990,00
Baterías	24	299,34	7.184,16
Inversor	1	3.531,50	3.531,50
Soporte módulos	2	152,93	305,86
Torre aerogenerador	1	895,00	895,00
Saco Hormigón 25 kg	25	1,85	46,25
Cable de 6 mm^2 E PVC	15 m	0,70 €/m	10,50
Cable de 10 mm^2 E PVC	20 m	1,80 €/m	36,00
Cable de 25 mm^2 B1 PVC	5 m	1,60 €/m	8,00
Cable de 25 mm^2 B1 XLPE	5 m	1,80 €/m	9,00
Cable de 35 mm^2 B1 XLPE	8 m	2,00 €/m	16,00
Tubo corrugado	30 m	0,14 €/m	4,20
Toma de tierra	1	5,66	5,66
Fusible 16A 10x25	3	0,61	1,83
Portafusible 16A 10x25	3	5,89	17,67
Fusible 100A NH1	1	8,01	8,01
Fusible 125A NH1	1	8,23	8,23
Portafusible NH1	2	10,35	20,70
		Total	18.203,41

Tabla 26: Presupuesto componentes alternativa 2.

15.3 Coste de ingeniería

El coste de ingeniería ha sido calculado a partir de las horas dedicadas y con precio de becario de 8,5 €/h.

TAREA	HORAS	COSTE [€]
Búsqueda de información	156	1.326,00
Cálculo del consumo de la vivienda	6	51,00
Especificaciones de la instalación	2	17,00
Búsqueda componentes alternativa 1	32	272,00
Búsqueda componentes alternativa 2	32	272,00
Dimensionado alternativa 1	20	170,00
Dimensionado alternativa 2	20	170,00
Cálculo y elección de los fusibles	11	93,50
Cálculo y elección del tipo de cable	11	93,50
Cálculo de la toma de tierra	6	51,00
Documento memoria	65	552,50
Documento pliego de condiciones	25	212,50
TOTAL	386	3.281,00

Tabla 27: Coste de ingeniería.

16 VALORACIÓN AMBIENTAL

Dentro de las energías renovables, la energía solar parece ser la que está llamada a ser una de las energías del futuro. Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por reducir la emisión de agentes contaminantes (CO_2, NO_x y SO_x, principalmente), no necesitar ningún suministro exterior, presentar un reducido mantenimiento y utilizar para su funcionamiento un recurso, el sol, que estará disponible durante unos miles de millones de años más.

La energía solar se puede utilizar para generar electricidad principalmente de dos formas, dando lugar a los siguientes sistemas de generación: instalaciones solares termoeléctricas e instalaciones solares fotovoltaicas.

En las dos alternativas de estudio se utilizara instalación solar fotovoltaica. Este tipo de instalaciones consiste en la transformación de la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica, mediante paneles fotovoltaicos donde se produce el efecto fotoeléctrico. El efecto fotoeléctrico permite convertir la luz solar directamente en corriente eléctrica sin que se produzca un efecto térmico intermedio.

El segundo tipo de energía renovable a utilizar en este proyecto es la energía eólica. Para su aprovechamiento en la producción de electricidad se utilizan los aerogeneradores, cuyo principal objetivo es transmitir la máxima energía cinética del viento a un eje, para transformarla en energía eléctrica.
En el funcionamiento de las dos alternativas no se requiere ningún tipo de producto especial o contaminante para su correcto funcionamiento.

En las dos alternativas existe un impacto visual, ya que tanto los módulos solares como el aerogenerador sobresalen de la estructura de la vivienda. Además, en la segunda alternativa existe un impacto sonoro, ya que aunque el aerogenerador es de baja potencia, el movimiento de las aspas y la fricción del viento con éstas producen emisiones acústicas.

En la etapa final de la instalación en que se tiene que desmantelar el sistema se procederá al reciclado de todas sus partes. Se debe tener en cuenta que no se ha realizado ningún estudio de impacto medioambiental.

17 SUBVENCIONES

Dentro del sector fotovoltaico el estado español únicamente proporciona subvenciones a instalaciones conectadas a red. Por parte de la comunidad autónoma a la que pertenece la vivienda en la actualidad tampoco se proporciona subvenciones ni a instalaciones conectadas a red ni a las aisladas, pero hay que destacar que a finales de los años 2009 y 2010 hubo subvenciones para instalaciones aisladas. La cantidad económica máxima a subvencionar se calculaba con el siguiente criterio:

- 10 euros/Wp, para instalaciones con acumulación.
- 8 euros/Wp, para instalaciones sin acumulación.

En el presente proyecto los paneles empleados son de 230 Wp. En la primera alternativa se utilizan doce paneles y en la segunda alternativa seis. Por lo que este proyecto habría recibido una subvención máxima de 27.600€ en la primera alternativa, y de13.800€ en la segunda.

La cantidad recibida va en función del número de peticiones de subvenciones a instalaciones fotovoltaicas aisladas, ya que hay una cantidad límite a destinar a estas ayudas. En 2010 la cantidad máxima a destinar en esta comunidad autónoma era de 350.000€

18 CONCLUSIÓN

Se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Se ha cumplido todas las especificaciones técnicas.
- Se ha acabado dentro de los plazos establecidos.
- Son viables desde el punto de vista energético.
- En la vivienda hay que potenciar la eficiencia energética, para reducir el consumo eléctrico y así poder disminuir el número de paneles solares.
- La segunda alternativa tiene el inconveniente de que ocupa una superficie independiente de la vivienda de 113 m^2 a causa de la torre del aerogenerador. Por lo que esta alternativa únicamente se puede utilizar en viviendas que dispongan de un terreno adyacente a la vivienda.

- La mejor solución de instalación es la segunda alternativa, ya que no se depende únicamente de la energía fotovoltaica, y asegura una producción energética más estable.
- La primera alternativa requiere de una inversión menor.
- Desde el punto de vista económico la mejor alternativa sin contemplar las posibles subvenciones seria la primera. Pero viendo que únicamente hay 2.000€ de diferencia es más aconsejable elegir la segunda alternativa para no tener que depender únicamente de la energía fotovoltaica.
- Este tipo de instalaciones es viable económicamente si se apoya con subvenciones, sino difícilmente la gente optará utilizar este tipo de instalaciones.
- Para un futuro este proyecto se puede mejorar diseñando la instalación de ACS. Otro aspecto a mejorar es conectar la casa a la red eléctrica para dar el excedente de energía eléctrica generada.

18.1 Docente

Desde un ámbito estudiantil se ha podido aprender las dificultades que existen a la hora de:

- Elegir una de las soluciones de diseño de las posibilidades estudiadas anteriormente sin tener la certeza de ser el mejor diseño.
- La realización de los cálculos que demuestren la viabilidad del diseño elegido.
- El hecho de que cualquier cambio de componente en la instalación implica fácilmente un cambio del diseño.
- Pese a que mi especialización es mecánica y no tenia suficientes nociones técnicas en energías renovables, este proyecto me ha permitido adquirir conocimientos técnicos en instalaciones fotovoltaicas y eólicas.

19 BIBLIOGRAFÍA

ALCOR CABRERIZO, Enrique. *Instalaciones solares fotovoltaicas.* 3ª ed. Sevilla: Progensa, 2002.

CASTRO GIL, Manuel. *Energía solar fotovoltaica. Monografías técnicas de energías renovables.* Vol. 7. Sevilla: Progensa, 2000

FERNÁNDEZ, José M. *Guía completa de la energía solar fotovoltaica y termoeléctrica: (adaptado al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE).* Madrid: A. Madrid Vicente, 2008.

MORENO ALFONSO, Narciso; GARCÍA DÍAZ, Lorena. *Instalaciones de energía solar fotovoltaica.* Madrid: Ibergarceta, 2010.

PAREJA APARICIO, Miguel. *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada*. 2ª ed. Barcelona: Marcombo, 2010.

Pliego de condiciones técnicas para instalaciones de energía solar fotovoltaica aisladas de red. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2009.

Plan de acción nacional de energías renovables de España 2011-2020. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2010.

Webgrafía:

Agencia de la energía de Castilla-La Mancha [en línea]. <http://www.agecam.es/DesktopDefault.aspx> [Consulta: 15 febrero 2012]

APPA – Asociación de productores de energías renovables [en línea]. <http://www.appa.es> [Consulta: 20 febrero 2012]

European Commission, Joint Research Centre [en línea] *PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System*. Italia. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/ > [Consulta: 10 febrero 2012]

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. [en línea]. *Meteosim.* <http://atlaseolico.idae.es/meteosim/> [Consulta: 5 febrero 2012]

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [en línea]. Madrid. <*http://www.idae.es*> [Consulta: 5 febrero 2012]

Foro de energía solar [en línea].
<http://www.solarweb.net/> [Consulta: 12 febrero 2012]

Foro Solo Ingenieria [en línea].
<http://www.soloingenieria.net/> [Consulta: 14 febrero 2012]

Portal Energía [en línea].
<http://www.portalenergia.es/> [Consulta: 17 febrero 2012]

Componentes

Bornay. [en línea]. Alicante.
<http://www.bornay.com/> [Consulta: 7 abril 2012]

Eshia S.L. [en línea]. Barcelona.
<http://www.eshia.es/pag/inicio.html> [Consulta: 25 marzo 2012]

GM Industrias Fotovoltaicas. [en línea]. Castellón.
<http://www.fotovoltaicagm.com/> [Consulta: 19 marzo 2012]

Out Back Power. [en línea]. Reino Unido.
<http://www.outbackpower.com/> [Consulta: 20 marzo 2012]

Sol i vent. [en línea]. Alicante.
http://www.sol-i-vent.es/ [Consulta: 17 marzo 2012]

Soportes Solares S.L. [en línea]. Alicante.
<http://www.soportessolares.es/> [Consulta: 3 abril 2012]

Studer. [en línea]. Suiza.
<http://www.studer-innotec.com/> [Consulta: 22 marzo 2012]

Figuras y tablas

[1] Google earth. [en línea].
<http://maps.google.es/> [Consulta: 10 mayo 2012]

[2] PAREJA APARICIO, Miguel. *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada*. 2ª ed. Barcelona: Marcombo, 2010.

[3] *GM Industrias Fotovoltaicas.* [en línea]. Castellón.
<http://www.fotovoltaicagm.com/> [Consulta: 19 marzo 2012]

[4] *Bornay.* [en línea]. Alicante.
<http://www.bornay.com/> [Consulta: 7 abril 2012]

[5] *Out Back Power.* [en línia]. Reino Unido.

<http://www.outbackpower.com/> [Consulta: 20 marzo 2012]

[6] *Eshia S.L.* [en línia]. Barcelona.
<http://www.eshia.es/pag/inicio.html> [Consulta: 25 marzo 2012]

[7] *Studer.* [en línia]. Suiza.
<http://www.studer-innotec.com/> [Consulta: 22 marzo 2012]

[8] *Soportes Solares S.L.* [en línia]. Alicante.
<http://www.soportessolares.es/> [Consulta: 3 abril 2012]

[9] ICT-BT-19 del REBT. [en línia].
<http://www.tuveras.com/reglamentos/guiatecnica/guia_bt_19_sep03R1.pdf>
[Consulta: 16 abril 2012]