



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**SISTEMA ELÉCTRICO AISLADO CON
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y
EÓLICA HÍBRIDA EN CORTIJO
AGRÍCOLA**

MEMORIA



HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Título

Sistema eléctrico aislado con instalación fotovoltaica y eólica híbrida en cortijo agrícola.

Resumen y alcance

El proyecto consiste en el adecuado diseño de un sistema autónomo para el suministro eléctrico de un cortijo agrícola aislado, siendo éste usado como vivienda de fin de semana. Además debe diseñarse con vistas a dar suministro eléctrico para el riego de una plantación de olivar. Se deben incorporar al diseño las nuevas tecnologías y las energías renovables. Para ello la energía eléctrica será producida con placas fotovoltaicas y con aerogeneradores, siendo almacenada en baterías, contando también con un grupo electrógeno.

Las características y el alcance del proyecto son las siguientes:

- El proyecto debe incluir el diseño de toda la instalación generadora de electricidad hasta el punto de la acometida al cortijo.
- Debe incluir la planificación de consumo de energía teniendo en cuenta el uso como vivienda de fin de semana.
- Debe tener en cuenta el uso para riego de olivar.
- El proyecto debe incluir el acondicionamiento de una pequeña nave ya construida donde localizar los componentes eléctricos, además debe de estar insonorizada y con salida de gases independiente y entrada de aire debido al generador.
- Debe incluir todos los elementos estructurales para el aerogenerador y las placas fotovoltaicas.
- Tanto el aerogenerador, como las placas y el sistema eléctrico junto con las baterías deben contar con un sistema de alarma.
- Debe diseñarse de forma que el grupo electrógeno funcione el tiempo mínimo necesario, dándole prioridad a la generación de energía renovable.
- Debe considerarse potencia necesaria para el funcionamiento de una piscina y para llenar un depósito de agua de pozo.
- El riego del olivar no será simultáneo con el funcionamiento de la piscina o el llenado del depósito.
- Debe considerarse en verano el uso de aire acondicionado en la vivienda y en invierno de estufa eléctrica.

Motivo

El motivo del proyecto ha sido ejecutar un sistema autónomo para producir energía eléctrica en un Cortijo Aislado.

<u>Autor</u>	<u>Tutor</u>	<u>Fecha de proyecto</u>
Manuel Jesús González Ramírez	Fernando Delgado Ruiz	08 de Octubre de 2012



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Objeto.....	3
2. Alcance.....	3
3. Antecedentes.....	3
4. Normas y Referencias	
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	4
4.2 Bibliografía.....	5
4.3 Programas de cálculo.....	6
4.4 Abreviaturas.....	6
4.4 Plan de gestión de la calidad aplicado	6
5. Requisitos de diseño.....	7
6. Análisis de soluciones	
6.1 Zonificación del lugar y Distribución en planta del Cortijo.....	9
6.2 Diferentes situaciones y formas de consumo.....	11
6.3 Instalación Eléctrica	
6.3.1 Tipo de Instalación Eléctrica.....	13
6.3.2 Eólica.....	14
6.3.3 Fotovoltaica.....	15
6.3.4 Balance energético y Baterías.....	15
6.3.5 Inversor.....	17
6.3.6 Generador.....	18
6.4 Estructuras	
6.4.1 Acondicionamiento de la Nave.....	19
6.4.2 Torre del aerogenerador	20
6.4.3 Estructura fotovoltaica.....	21
6.5 Sistema de Alarma y Antirrobo.....	22
7. Resultados finales	
7.1 Disposición en planta del lugar.....	23
7.2 Instalación Eléctrica	
7.2.1 Instalación Eólica.....	24
7.2.2 Instalación Fotovoltaica.....	28
7.2.3 Instalación del Inversor.....	31
7.2.4 Instalación del Generador.....	32
7.2.5 Sistema de Baterías.....	33
7.2.6 Unificación de todos los sistemas en la Nave.....	35
7.2.7 Cableado.....	36
7.2.8 Protecciones.....	38
7.2.9 Puesta a Tierra.....	41
7.3 Distribución energética y aprovechamiento en el consumo.....	42
7.4 Estructuras	
7.4.1 Acondicionamiento de la Nave y localización de aparamenta...	43
7.4.2 Torre del aerogenerador	44
7.4.3 Estructura fotovoltaica.....	45
7.5 Sistema de Alarma y Antirrobo.....	46
8. Legalización de la Instalación.....	48



1. OBJETO

El proyecto consiste en el adecuado diseño de un sistema autónomo para el suministro eléctrico de un cortijo agrícola aislado, siendo éste usado como vivienda de fin de semana. Además debe diseñarse con vistas a dar suministro eléctrico para el riego de una plantación de olivar. Se deben incorporar al diseño las nuevas tecnologías y las energías renovables. Para ello la energía eléctrica será producida con placas fotovoltaicas y con aerogeneradores, siendo almacenada en baterías, contando también con un grupo electrógeno.

2. ALCANCE

Las características y el alcance del proyecto son las siguientes:

- El proyecto debe incluir el diseño de toda la instalación generadora de electricidad hasta el punto de la acometida al cortijo.
- Debe incluir la planificación de consumo de energía teniendo en cuenta el uso como vivienda de fin de semana.
- Debe tener en cuenta el uso para riego de olivar.
- El proyecto debe incluir el acondicionamiento de una pequeña nave ya construida donde localizar los componentes eléctricos, además debe de estar insonorizada y con salida de gases independiente y entrada de aire debido al generador.
- Debe incluir todos los elementos estructurales para el aerogenerador y las placas fotovoltaicas.
- Tanto el aerogenerador, como las placas y el sistema eléctrico junto con las baterías deben contar con un sistema de alarma.
- Debe diseñarse de forma que el grupo electrógeno funcione el tiempo mínimo necesario, dándole prioridad a la generación de energía renovable.
- Debe considerarse potencia necesaria para el funcionamiento de una piscina y para llenar un depósito de agua de pozo.
- El riego del olivar no será simultáneo con el funcionamiento de la piscina o el llenado del depósito.
- Debe considerarse en verano el uso de aire acondicionado en la vivienda y en invierno de estufa eléctrica.

3. ANTECEDENTES

Observando la evolución del sector energético, que es cada vez más distribuido, las redes de distribución que cada vez se basan más en pequeña generación distribuida para evitar pérdidas, sobre todo de energías renovables, y contando con el apoyo de las leyes españolas como el último Real Decreto 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia vemos aconsejable y rentable este tipo de consumo eléctrico.

Este caso en concreto se basa en lugares aislados cuya distancia a las redes de media tensión hacen inviable un tendido, acometida y enganche a la red. Por ello la forma más eficiente adoptada para el suministro eléctrico es la basada en un aprovechamiento inteligente de la energía del sol y del viento ayudado por la acumulación en baterías. Respetando así el medio ambiente que está íntimamente ligado al sistema agrícola de olivar y secano del cual se beneficia este cortijo.



4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Memoria del Proyecto

- UNE 157001, del 2002, Criterios Generales para la elaboración de Proyectos.

Generación Distribuida

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Fotovoltaica y Eólica

- Real Decreto 1614/2010, de 7 de diciembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica.
- UNE EN 61215:1997 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación tipo”.
- 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 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Instalación Eléctrica

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- 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.
- NTE-IEP. Norma tecnológica de 24-03-1973, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- RBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- EN-IEC 60 947-2:1996(UNE - NP): Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN 60 898 (UNE - NP): Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogos para la protección contra sobre intensidades.



Generador

- Norma UNE 100-020-89 “Salas de Máquina. Condiciones de ventilación”.

Estructuras de Acero

- Real Decreto 1829/1995, de 10 de Noviembre, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE EA-95 “Estructuras de Acero en Edificación”.

Cimentación

- Código Técnico de la Edificación (CTE). DB-SE-C cimientos.

4.2 Bibliografía

- Pérez García, Rafael. Ingeniería hidráulica en los abastecimientos de agua. Universidad Politécnica de Valencia. 2003
- Estructuras de acero Vol 1, Ramón Arguelles Álvarez et al. , Bellisco 2005.
- Estructuras de acero Vol 2, Ramón Arguelles Álvarez et al. , Bellisco 2005.
- Generación Aislada sistema auxiliares y aislados, Victron Energy
- Sistemas Híbridos, Joao Tavares Pinho
- Diseño e Integración de Instalación de un Sistema de Producción de Energía Eólica Doméstica. Proyecto Fin de Carrera de Patricia Cuenca Garrido. 2009
- Sistemas Híbridos, soluções energéticas para a Amazônia.
- Análisis y simulaciones de sistemas eólicos aislados. Tesis de Camilo José Carrillo González. 2001
- Instalación de BT de centro residencial con planta solar fotovoltaica aislada de red. Proyecto Fin de Carrera de Francisco Javier Fernández Borrego. 2010
- Instalación fotovoltaica en vivienda aislada. José Gómez Casas. 2011
- Instalación híbrida, fotovoltaica-eólica, para vivienda aislada en el término municipal de los barrios (Cádiz). Proyecto fin de carrera de Ángel Henares del Real. 2009
- Instalación fotovoltaica en una vivienda de veraneo aislada. Proyecto Fin de Carrera de Luís Isaac Mariscal Fernández. 2006
- Dimensionamiento y control óptimos de sistema híbridos aplicando algoritmos evolutivos. Tesis Doctoral de Rodolfo Dufo López. 2007
- Mini-Redes fotovoltaicas híbridas una solución donde la red no alcanza. Fraunhofer 2010
- Sistema mixto eólico fotovoltaico en vivienda con Permacultura. Alberto Escudero Pascual. 1998
- Instalaciones solares fotovoltaicas. E. Alcor. Progensa 1995
- Energía Solar Fotovoltaica, Cálculo de una instalación aislada. Miguel Parejo Aparicio. Marcombo 2009



4.3 Programas de cálculo

- HOGA
- RETScreen4
- PV syst v5
- INTERGRAPH SMARTSKETCH v03.
- Cype 2010
- Cypelec
- Microsoft Excel
- Autocad.
- Engineering Equation Solver.
- Prysmitool
- Draka Firex Protect
- Análisis Estructural 4.0 CESTRI

4.4 Abreviaturas

V:	voltios
W:	vatios
A:	amperios
CV:	caballos de vapor
Wh:	vatio hora
Hz:	hercio
Ha:	hectárea (10.000 m ²)
CA:	corriente alterna
CC:	corriente continua
BT:	baja tensión
REBT:	reglamento electrotécnico de baja tensión
CGBT:	cuadro general de baja tensión

4.5 Plan de gestión de la calidad aplicado

Véase el Pliego de Condiciones



5. REQUISITOS DE DISEÑO

El Cortijo será utilizado como vivienda de fin de semana (Viernes por la tarde, Sábado y Domingo completos), la cocina está excluida de las necesidades eléctricas ya que un sistema por butano es bastante más eficiente y gracias a ello quitamos una carga importante de consumo, aunque se considerará una pequeña estufa eléctrica. Por el contrario el sistema de aire acondicionado debe ser eléctrico a falta de alternativas. Además hay que considerar las necesidades de bombear agua al depósito de la vivienda. Cuenta también con una piscina, cuyo sistema de depuración hace falta poner 3 días en semana. Dentro del Cortijo existe una central de alarma a la que habrá que conectar los nuevos equipamientos.

La explotación agrícola del Cortijo es la de Olivar Tradicional de Secano, este tipo de olivar se caracteriza por usar un marco de plantación de 10 x 8 metros con la variedad de olivo Zorzaleño, el olivar actualmente se está regando con una bomba de gasolina de 1,5 CV. Al ser un olivar de secano las necesidades de riego para una explotación de 3 Ha no son excesivas para un sistema fotovoltaico. No es necesaria mucha energía ya que el pozo es de poca profundidad, se encuentra en lo alto de la colina y el olivar se encuentra en pendiente hacia abajo, pudiendo regarse casi por gravedad.

Las necesidades de energía para los aparatos eléctricos por parte del cortijo son las siguientes:

Balance Junio, Julio y Agosto				
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2
Ordenador portátil	1	60	4	3
Televisor	1	150	4	2
Microondas	1	800	0,3	2
Estufa	1	1500	0	0
Bomba Regar	1	1100	3	3
Depuradora Piscina	1	740	1	3
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3
Lavadora	1	550	2	1
Aire Acondicionado	2	1350	4	3
Frigorífico	1	500	24	2

Balance Mayo y Septiembre				
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2
Ordenador portátil	1	60	4	3
Televisor	1	150	4	2
Microondas	1	800	0,3	2
Estufa	1	1500	0	0
Bomba Regar	1	1100	3	3
Depuradora Piscina	1	740	1	3
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3
Lavadora	1	550	2	1
Aire Acondicionado	2	1350	4	2
Frigorífico	1	500	24	2



Balance Marzo, Abril y Octubre				
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2
Ordenador portátil	1	60	4	3
Televisor	1	150	4	2
Microondas	1	800	0,3	2
Estufa	1	1500	2	3
Bomba Regar	1	1100	1	3
Depuradora Piscina	1	740	0,5	3
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3
Lavadora	1	550	2	1
Aire Acondicionado	2	1350	0	0
Frigorífico	1	500	24	2

Balance Noviembre Diciembre Enero Febrero				
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2
Ordenador portátil	1	60	4	3
Televisor	1	150	4	2
Microondas	1	800	0,3	2
Estufa	1	1500	4	3
Bomba Regar	1	1100	0	0
Depuradora Piscina	1	740	0	0
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3
Lavadora	1	550	2	1
Aire Acondicionado	2	1350	0	0
Frigorífico	1	500	24	2

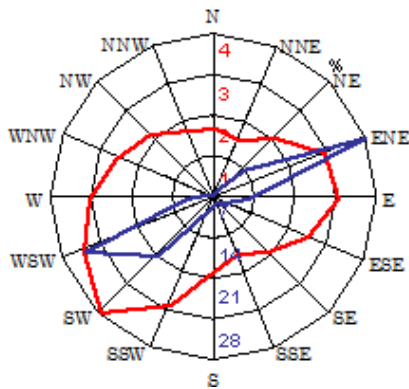


6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

6.1 Zonificación del lugar y Distribución en planta del Cortijo

El Cortijo se encuentra situado en la provincia de Sevilla, en Carmona, cerca de la carretera SE-3201 entre el Viso del Alcor y Tocina. En los planos adjuntos se puede ver su localización exacta. Se encuentra en lo alto de una pequeña colina, a una altura de 30 metros sobre el nivel del mar. Existe una gran distancia al tendido eléctrico más cercano, cuyo coste de ejecución es enorme, además se necesitan los permisos de servidumbre, lo que lo hace inviable o muy poco rentable. El Cortijo está compuesto por dos edificios de una planta con una altura de 4 metros. Cuenta con 2 pequeñas naves de 4 x 5 metros, una como caseta de la depuradora y la otra es la que se utilizará para albergar todos los elementos del sistema fotovoltaico híbrido.

Primero averiguamos donde se colocará la torre del aerogenerador para evitar pérdidas por desvío del viento con las edificaciones y luego dispondremos los paneles solares en un lugar donde consigan el máximo rendimiento sin sombra.

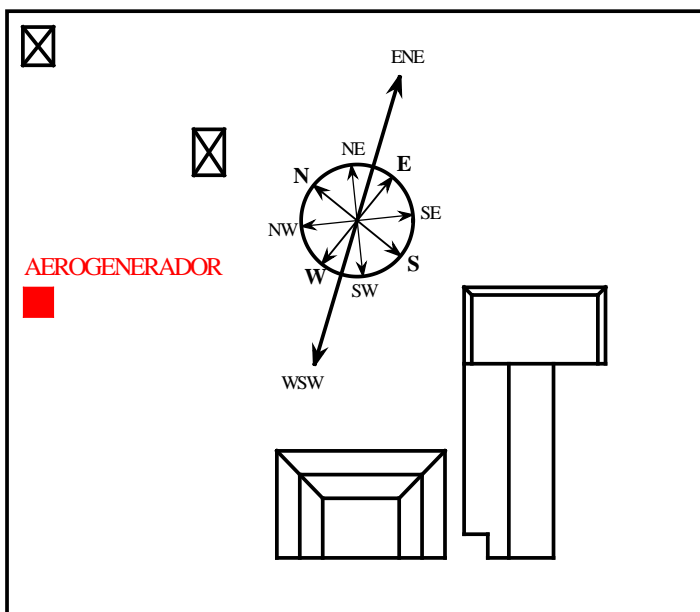


Para escoger el mejor emplazamiento del aerogenerador vamos a tener en cuenta las direcciones de vientos dominantes, que podemos observar en una rosa de los vientos de la zona del cortijo (datos obtenidos de estimaciones del CENER):

(Rojo velocidades, azul frecuencia)

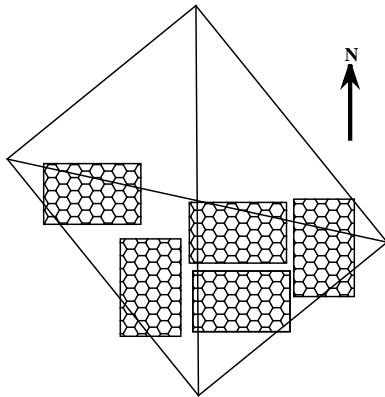
Prácticamente la mayoría de los vientos, así como los vientos de más velocidad, soplan en dirección Este Noreste (ENE) y Oeste Suroeste (WSW). Contamos con la ventaja de disponer de terreno suficiente para colocar la torre libremente.

Por tanto sólo hace falta ver en el plano de ubicación y elegir el emplazamiento de forma que evite que los edificios reduzcan, desvíen o creen turbulencias indebidas en el viento. La localización óptima de la torre se detalla a continuación. Se ha elegido este emplazamiento ya que los 2 edificios del cortijo no son obstáculo para el viento, y se encuentra cerca del emplazamiento del inversor y de las baterías.





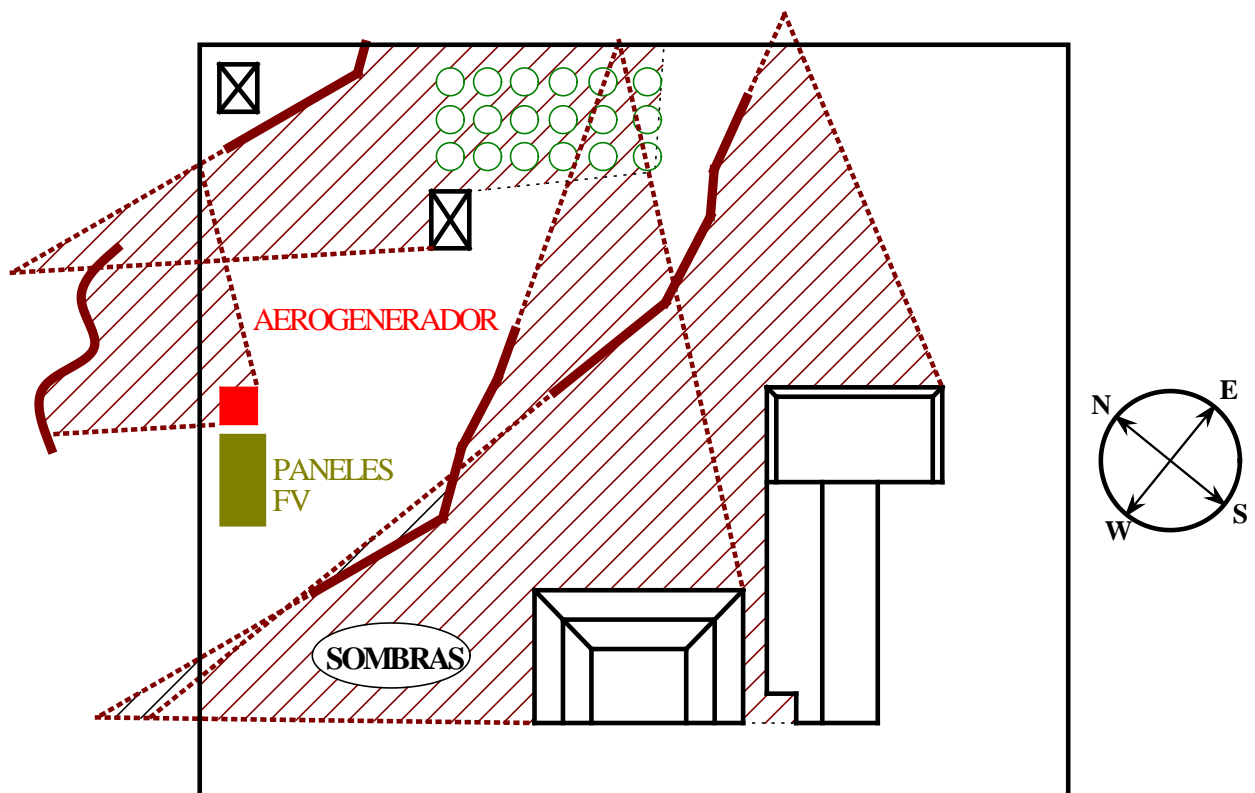
Debido a la necesidad de colocar 8 paneles fotovoltaicos (ver apartado 7.2.2) la localización sobre el tejado queda descartada por falta de espacio y porque la sombra de la torre del aerogenerador molestaría en ciertas horas del día.



Como podemos ver sólo caben de forma y orientación eficiente 5 paneles de tamaño 1,6 x 1 m.

Además evitamos colocar los paneles en el Cortijo para no romper la estética de la edificación histórica.

Hay que tener en cuenta la caseta de la depuradora, con 4 metros de altura y los árboles de la piscina, con 6 metros de altura. La sombra generada por ellos debe de ser la más desfavorable, es decir, la sombra a 21 de Diciembre que es cuando los rayos del Sol llegan con una inclinación menor y por tanto la sombra será la más alargada del año ocupando una superficie mayor.



Los paneles fotovoltaicos se colocarán según la imagen, evitando la sombra, situados en el suelo con una estructura soporte que los sitúe a 37° respecto al nivel del suelo mirando al Sur geográfico.



6.2 Diferentes situaciones y formas de consumo

El Cortijo va a ser usado como vivienda de fin de semana, además las labores de regadío de olivar se llevarán a cabo también durante el fin de semana. Suponemos que la duración del fin de semana es desde el viernes por la tarde hasta el domingo por la noche.

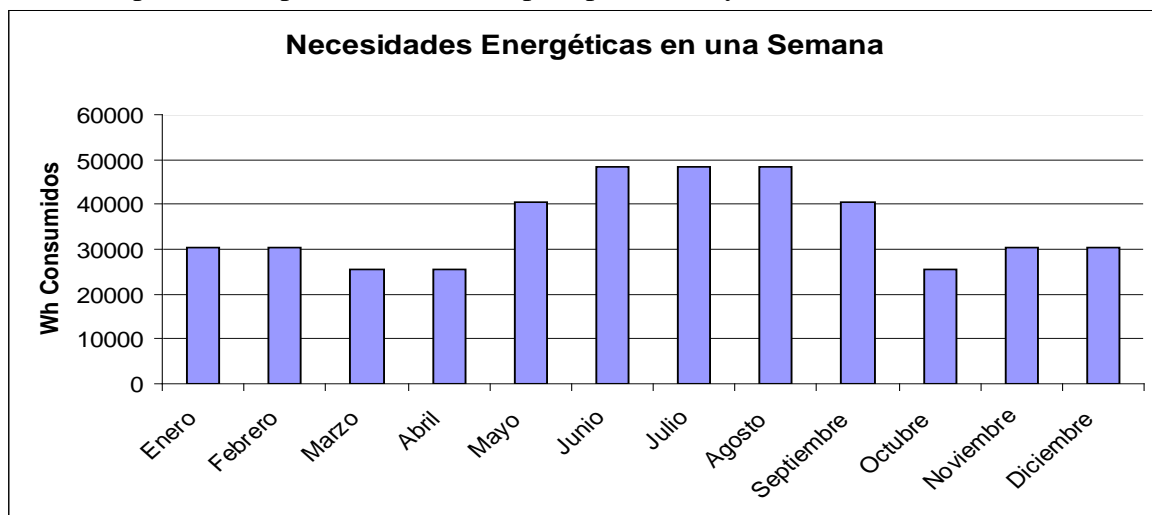
Haremos un balance energético de consumo de fin de semana. Para posteriormente en el apartado 7 hacer un balance energético de producción eólica y fotovoltaica durante toda la semana y acumulación en baterías para ser aprovechada la energía durante el fin de semana. Hay que considerar que es una vivienda de fin de semana, por tanto no se usarán todo tipo de electrodomésticos, la calefacción y la cocina funcionan con propano y butano, excepto una estufa eléctrica.

El frigorífico aunque sea de 500 W su funcionamiento no es constante debido al aislamiento térmico que retiene el frío, por ello su consumo se estima en 3 kWh/día, que son 125 Wh.

La lavadora cuenta con una potencia de 550 W, pero su consumo se calcula en 200 Wh.

Algo similar ocurre con el aire acondicionado, con potencias sobre los 1350 W pero cuyo consumo es de 1000 Wh para cada uno de los 2 aires acondicionados que existen, en tal caso tendremos un consumo de 2000 Wh.

El riego de olivar será de al menos 3 días, y 3 horas por día cada semana con una bomba de 1,5 CV ó 1100 W para una explotación de 3 Ha, para primavera y verano.



Balance Junio, Julio y Agosto						
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana	En. Hora (Wh)	En. Fin Semana (Wh)
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2	200	1600
Ordenador portátil	1	60	4	3	60	720
Televisor	1	150	4	2	150	1200
Microondas	1	800	0,3	2	800	480
Estufa	1	1500	0	0	1500	0
Bomba Regar	1	1100	3	3	1100	9900
Depuradora Piscina	1	740	1	3	740	2220
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3	200	1800
Lavadora	1	550	2	1	200	400
Aire Acondicionado	2	1350	4	3	2000	24000
Frigorífico	1	500	24	2	125	6000
Energía (Wh)						48320



Balance Mayo y Septiembre						
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana	En. Hora (Wh)	En. Fin Semana (Wh)
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2	200	1600
Ordenador portátil	1	60	4	3	60	720
Televisor	1	150	4	2	150	1200
Microondas	1	800	0,3	2	800	480
Estufa	1	1500	0	0	1500	0
Bomba Regar	1	1100	3	3	1100	9900
Depuradora Piscina	1	740	1	3	740	2220
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3	200	1800
Lavadora	1	550	2	1	200	400
Aire Acondicionado	2	1350	4	2	2000	16000
Frigorífico	1	500	24	2	125	6000
					Energía (Wh)	40320

Balance Marzo, Abril y Octubre						
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana	En. Hora (Wh)	En. Fin Semana (Wh)
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2	200	1600
Ordenador portátil	1	60	4	3	60	720
Televisor	1	150	4	2	150	1200
Microondas	1	800	0,3	2	800	480
Estufa	1	1500	2	3	1500	9000
Bomba Regar	1	1100	1	3	1100	3300
Depuradora Piscina	1	740	0,5	3	740	1110
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3	200	1800
Lavadora	1	550	2	1	200	400
Aire Acondicionado	2	1350	0	0	2000	0
Frigorífico	1	500	24	2	125	6000
					Energía (Wh)	25610

Balance Noviembre Diciembre Enero Febrero						
ELECTRODOMÉSTICO	Nº Electr.	Pot (W)	Horas/Día	Días/Semana	En. Hora (Wh)	En. Fin Semana (Wh)
Bombilla Larga Duración	10	20	4	2	200	1600
Ordenador portátil	1	60	4	3	60	720
Televisor	1	150	4	2	150	1200
Microondas	1	800	0,3	2	800	480
Estufa	1	1500	4	3	1500	18000
Bomba Regar	1	1100	0	0	1100	0
Depuradora Piscina	1	740	0	0	740	0
Electrodomésticos Varios	1	200	3	3	200	1800
Lavadora	1	550	2	1	200	400
Aire Acondicionado	2	1350	0	0	2000	0
Frigorífico	1	500	24	2	125	6000
					Energía (Wh)	30200



6.3 Instalación Eléctrica

6.3.1 Tipo de Instalación Eléctrica

Existen en principio varios tipos de instalaciones eléctricas.

El sistema se divide en dos partes. Por un lado hablamos de la parte de corriente continua en la que funcionan las baterías, el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos.

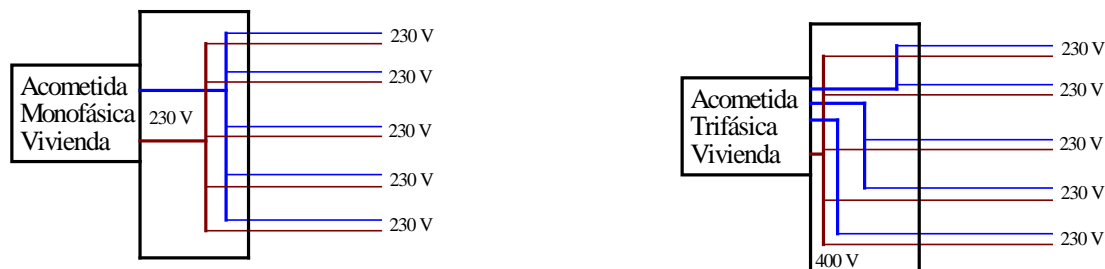
Todos los podemos encontrar en combinaciones de 12 Voltios, 24 V o 48 V. Para escoger la tensión adecuada hace falta saber en qué rango de energías nos estamos moviendo. Cuando ya hablamos de vasos de baterías con mucha capacidad, al trabajar a 48 V en vez de 12 ó 24 V, según la fórmula $P=V*I$, pasa la mitad de intensidad con 48 V que con 24 V, entonces la sección de los conductores es menor y compensa trabajar a 48 V.

Por otro lado hablamos de la parte de corriente alterna, que es la que sale del inversor hacia el cortijo, es la forma en la que consumen los electrodomésticos, los motores eléctricos...

Debemos trabajar a 50 Hz, que es la frecuencia en la que están diseñados los aparatos en España.

Hay que decidir si trabajamos en monofásica o trifásica, y también la potencia de nuestra instalación. Si vamos a trabajar en 48 V, la potencia mínima para trabajar en trifásica es de un total de 9 kW ya que hay que conectar 3 inversores de 3 kW cada uno (3 kW es la mínima potencia de inversores en 48 V que existe en el mercado).

Las derivaciones a las distintas cargas en monofásica serían las siguientes:



Vemos que si queremos pasar de trifásica a monofásica en la vivienda es bastante sencillo, sólo realizando las siguientes conexiones, ya que las cargas de la casa irán a 230 V siempre, sea la entrada trifásica (se reparten las fases) o monofásica.

Si observamos las tablas de las páginas anteriores podemos ver que la suma de potencias de todos los aparatos eléctricos es de entre 5 y 7 kW aproximadamente suponiendo no simultaneidad de funcionamiento, en tal caso sería 8,5 kW. Vemos que con 3 inversores de 3 kW podemos conectarlos todos simultáneamente y además estamos siendo conservadores a la hora de prever posibles ampliaciones de la explotación agraria o de la vivienda.

Para una mejor operación de bombas y una caída de tensión menor es más aconsejable que nuestro sistema sea:

Trifásico a 400 V / 230 V y 50 Hz, con tres inversores/cargadores de 3 kW cada uno, y una potencia total de 9 kW, cuya entrada será de 48 V en corriente continua.



6.3.2 Eólica

El Cortijo, como toda edificación aislada de campo antigua en la zona de Sevilla, se sitúa sobre una loma para así impedir que se inunde con las lluvias. Esta característica puede ser bien aprovechada si consideramos que en las zonas más altas de la campiña es donde el viento lleva más velocidad, pudiendo así poner un pequeño aerogenerador que cargue las baterías según sea la fuerza del viento, para esto sólo bastaría con una torre de 12 metros aproximadamente.

El Sistema Híbrido Fotovoltaico y Eólico se considera como un sistema de sinergias (*una sinergia es el resultado de la acción conjunta de dos o más causas que tiene un efecto superior al que resulta de la simple suma de dichas causas*), esto es debido a que meteorológicamente es común que cuando el día es soleado haya poco viento y cuando hay viento normalmente está acompañado de nubes y/o lluvia que impiden la llegada de los rayos de sol. Por eso este sistema híbrido aporta energía eólica cuando no hay sol y energía fotovoltaica cuando no hay viento, se ayudan entre ellos. Dispondremos de energía obtenida del viento mediante aerogeneradores y energía obtenida del sol mediante paneles fotovoltaicos.

Existen bastantes modelos de aerogeneradores, prácticamente todos producen en corriente alterna trifásica. Debido a la velocidad variable del viento la frecuencia de estos generadores no es de 50 Hz, sino variable: hace falta que entre el generador eólico y las baterías halla un regulador de carga que actúe también como inversor.

Los modelos de aerogeneradores varían según la potencia que se quiera aprovechar, para ello según aumenta la potencia se encuentran de 2 o 3 palas. Existen también otros modelos con 5 palas. Hay modelos de 9 u 11 palas pero son para motobombas, no generan electricidad.



Podemos considerar que debido a las bajas velocidades de viento de la zona no es conveniente subir el precio de la instalación colocando un aerogenerador de grandes potencias. Basta con un solo aerogenerador de 400 W, ya que si subimos a 900 W o más el precio se multiplica por 5 o más. Así nos aseguramos también una pérdida menor de inversión si se deteriora o es robado.

Aunque las velocidades del viento sean bajas es bueno disponer del aerogenerador para que nuestro sistema eléctrico sea versátil.



6.3.3 Fotovoltaica

Una de las formas más eficientes de obtener energía eléctrica rápida y en zonas aisladas en España es a través de paneles fotovoltaicos, nuestros 300 días de sol en Andalucía convierten a la instalación fotovoltaica en un pilar fundamental en instalaciones aisladas, no pudiendo prescindir de ella ya que es la fuente de energía más fiable y constante meteorológicamente.

Los paneles cargan en corriente continua las baterías, entre ellos y las baterías debe existir un regulador de carga que ayude a mejorar la carga. Desde las baterías se extrae la energía pasando por un inversor que la convierte de corriente continua a corriente alterna, a 50 Hz.

Todas las placas fotovoltaicas producen energía en corriente continua, estas placas deben estar controladas por un regulador solar de carga para el uso óptimo de la instalación de baterías.

Contamos en el mercado con varios tipos de placas fotovoltaicas.

Silicio amorfo: como ventajas cabe destacar que funciona con una luz difusa baja (incluso en días nublados) y son un poco menos costosa que otras tecnologías, el mayor inconveniente es su rendimiento bajo a pleno sol, del 5% al 7%.

Silicio monocristalino: tienen un rendimiento de 14% al 16% pero coste elevado, que no obstante cada año disminuye el precio de estos paneles.

Silicio multicristalino: son más baratas que las monocristalino pero tienen bajo rendimiento en condiciones de iluminación baja.

Como la instalación es híbrida ayudada por eólica, cogeremos las de silicio monocristalino para asegurar rendimientos máximos, y aprovechar así los 300 días aproximados de Sol de Sevilla. Debido a la reducción en la demanda de placas fotovoltaicas el precio de monocristalino y policristalino se ha igualado para potencias semejantes, por ello esta es la opción más asequible y así nos aseguramos también una pérdida menor de inversión si se deteriora o es robado.

6.3.4 Balance energético y Baterías

Se intentará que el consumo del fin de semana sea equiparable a la energía que haya sido cargada en las baterías durante los 7 días de la semana por la eólica y fotovoltaica. Para así no necesitar activar el generador, ahorrando con ello combustible y evitando ruidos y contaminación innecesarios.

La presente instalación y cableado están diseñados de acuerdo a las condiciones técnicas establecidas por el REBT con la finalidad de una buena distribución de la energía eléctrica, preservar la seguridad de las personas y los bienes y el normal funcionamiento de las instalaciones.

Existen varios tipos dependiendo de la forma en la que se encuentran los electrolitos:

Acumuladores estacionarios: presentan la ventaja de tener más capacidad pero hay que estar pendiente de que no se agote el agua y hay que suministrarle el agua periódicamente. Su precio es de 1,5 €/Ah y son de muy alta capacidad.



Baterías Monoblock: son las más versátiles, baratas y fáciles de conseguir. Pero sólo se suministran a 6V y a 12 V, habrá que colocarlas en serie. Su precio sale aproximadamente a 0,9 €/Ah para acumulaciones de 1000 Ah o más.

Baterías de Gel: El electrolito está inmovilizado, no emanan gases al exterior, por tanto es nulo el peligro de corrosión en los alrededores de la batería, esto se consigue volviendo gelatina al electrolito (o sea gel). Se suministran a 12V, su precio es de 2,5 €/Ah y son para pequeñas capacidades.

Baterías AGM: llevan un separador de fibra de vidrio con gran capacidad de absorción (AGM). Tiene casi todas las ventajas de las GEL sin adquirir ninguna de sus desventajas pero al recargar estas baterías, debe cuidarse la cantidad de corriente que entrega el cargador. Si la corriente es excesiva, se genera abundante gasificación en el interior de la batería y esto provoca la dilatación de la caja y la batería se vuelve inservible. Se suministran a 12V, su precio es de 3 €/Ah y son para pequeñas capacidades.

En conclusión, para un uso en zonas rurales, con nuestra necesidad de acumulación que es elevada, con altas temperaturas en verano y con posibilidades de robos, la batería más versátil es la Monoblock o los Acumuladores estacionarios OPzS, sin embargo habrá que buscar una batería de altos ciclos de carga para aumentar su vida útil (a más ciclos de carga más veces podremos cargar la batería) o suponer una profundidad de descarga del 50% en vez del 70%.

Existe otra forma de conseguir la energía sin necesidad de acudir necesariamente a la acumulación en baterías, cada panel fotovoltaico o cada aerogenerador que incluyamos en la instalación hará que las necesidades de acumulación para el fin de semana se reduzcan, ya que estaríamos produciendo más energía en el momento. Hay que comparar lo que cuesta aumentar la capacidad semanal de batería respecto a lo que cuesta aumentar la producción en el fin de semana. En principio no hay que tener en cuenta la vida útil, ya que la de un aerogenerador o de los paneles fotovoltaicos es de 25 años o más y la de las baterías es de unos 1500 ciclos para una profundidad de descarga del 70% (en nuestro caso 1500 semanas o 29 años).

Veamos qué es lo más conveniente:

Energía Fotovoltaica (200 W) produce:	2500 Wh/fin de semana
Coste de un panel (200 W):	320 €
Coste unitario:	0,128 €/Wh

Energía Eólica (400 W) produce:	4850 Wh/fin de semana
Coste de un Aerogenerador (400 W):	690 €
Coste unitario:	0,142 €/Wh

Batería (12 V) acumula:	3200 Ah → 38000 Wh/semana
Coste Batería:	4900 €
Coste unitario:	0,129 €/Wh

Por tanto resulta que es irrelevante si aumentamos la capacidad de producción y reducimos la acumulación en baterías, de ese modo es más aconsejable que la instalación permanezca con su diseño original, sin primar ni producción ni acumulación.



6.3.5 Inversor

Existen instalaciones eléctricas aisladas que debido al uso que se les da, pueden operar completamente en corriente continua, no necesitando un inversor. Este no es nuestro caso, ya que debido al uso como vivienda es necesario disponer de corriente alterna a 50 Hz para poder poner cualquier tipo de electrodoméstico. Para ello nos hace falta un inversor que convierta la corriente continua a corriente alterna por medio del inversor.

El sistema eléctrico en general debido a las potencias de las bombas deberá estar comprendido entre 3 y 9 kW, monofásico o trifásico, a 50 Hz.

En el mercado se suministran inversores en monofásica. Para conseguir trifásica en generación aislada hace falta conectar 3 inversores monofásicos (existen en el mercado inversores como por ejemplo los de la marca Victron que se pueden conectar 3 en paralelo) o adquirir uno trifásico de alto precio. En principio para una vivienda nos basta con monofásica, pero hemos decidido trabajar en trifásica para mejorar las caídas de tensión y operar mejor los motores de pozo.

Debido a que vamos a colocar un generador, el inversor deberá ser inversor/cargador para que así éste pueda cargar las baterías.

Si vemos los precios de los inversores:

1 inversor/cargador monofásico a 24V de 5 kW: 3150 €

3 inversores/cargadores a 24 V de 1.6 kW (4.8 kW total trifásico): 3450 €

1 inversor/cargador monofásico a 48V de 5 kW: 3250 €

3 inversores/cargadores a 48 V de 3 kW (9 kW total trifásico): 5985 €

Los inversores monofásicos de 5 kW en 24 V, 48 V y trifásico en 24 V no difieren mucho su precio. Hay que tener en cuenta que los inversores/cargadores a 48 V están mejor preparados para altas capacidades de carga como en nuestro caso, además los de 24 V y 48 V están también equipados para disponer en paralelo de un generador monofásico automático (una entrada en corriente alterna).

Los inversores/cargadores de 3 kW (para 48 V) no pueden disponer de 2 entradas en CA, esto los hace que a la hora de conectar el generador y en un futuro una línea de BT de Endesa, no podrían ir las 2 conectadas, pero si consideramos que en un futuro nos conectamos a la red de BT, podemos prescindir del generador ya que no producía mucha energía, y si estuviéramos conectados a la red de BT el suministro común sería de la red apoyado en caso de pérdida de suministro (normal en zonas rurales) por las placas, el aerogenerador y las baterías. Y también conectar directamente el generador a la red de BT para que funcione cuando no hay red, en este caso habría que ponerle un retardador para dejar que antes entraran las baterías y cuando detectara que la carga de baterías está baja entonces y sólo entonces funcionaría el generador.

Todo esto es poco probable ya que para llevar la red de Endesa al cortijo hace falta una inversión muy alta.

Lo más eficiente es disponer de 3 inversores/cargadores, a 48 V, de 3 kW cada uno, como vimos antes. Además así la instalación está preparada para posibles aumentos de carga en un futuro.



6.3.6 Generador

Debido a que en algunas ocasiones ni hay sol ni viento, a que las potencias eólicas y fotovoltaicas son bajas y por tanto a veces no darán suficiente carga durante la semana a las baterías, y a que no podemos tener un almacenaje infinito de energía en baterías ya que tienen elevado coste y por a que a veces las baterías no serán capaces por sí solas de arrancar los motores de corriente alterna por el pico de intensidad de arranque, es aconsejable disponer de un grupo generador de potencia similar al inversor para ayudarle.

En primer lugar hay que aclarar que la potencia de nuestra instalación es la potencia del inversor, y será la potencia disponible para la vivienda. No importa que la potencia de las placas y el aerogenerador sea inferior, ya que éstos solo cargan las baterías y de ahí se nutre el inversor.

Ya que la potencia de la instalación es de 9 kW para operar con holgura tendríamos que instalar un generador trifásico de 9 ó 10 kW, pero el valor de éste es el doble que uno de 7 kW.

Podemos poner el grupo electrógeno que queramos, aunque si es inferior tenemos que preprogramar los inversores para limitar la entrada del cargador donde iría el generador. Nos encontraríamos con que a veces el grupo se para porque el cargador le pide más potencia de la que puede proporcionar el generador.

Existen entonces 2 opciones para generador:

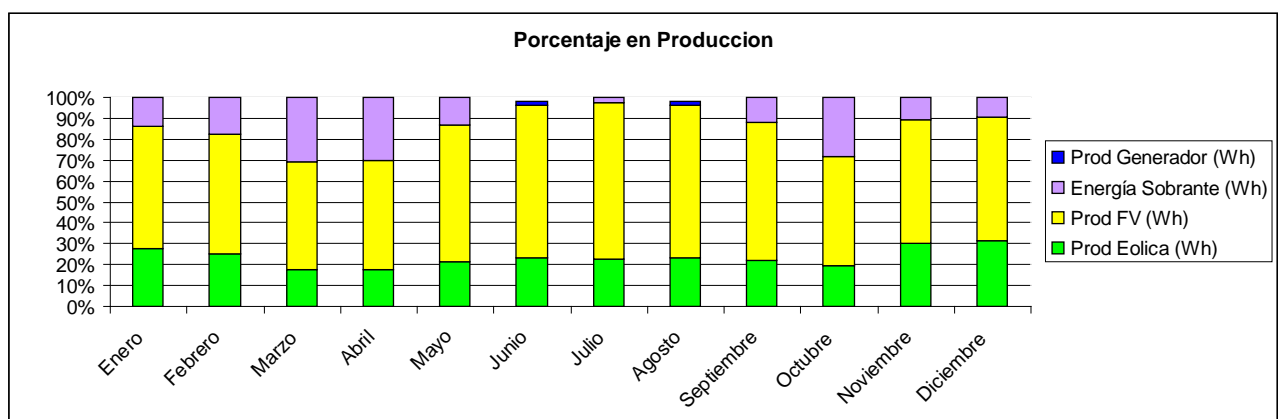
Un generador diesel trifásico de 5 kW, de arranque automático por bajada de carga de batería. 1200 €

Un generador de gasolina trifásico de 7 kW, de arranque automático por bajada de carga de batería. 1000 €

Los generadores diesel son más caros para la misma potencia pero son mejores si van a ser utilizados asiduamente.

Incluiremos una toma directamente del generador a la vivienda, que estará normalmente abierta.

Se puede observar que el generador apenas produce energía (ver 7. Resultados Finales). Podríamos considerar que es una mala inversión y que no se rentabilizará, pero considerando que el coste de un generador supone del orden del 5% de la inversión y que conseguimos asegurarnos todo el suministro en cualquier situación, la inversión está más que justificada.





6.4 Estructuras

6.4.1 Acondicionamiento de la Nave

Existe ya una pequeña nave de 4 x 5 metros. Es necesario que la nave disponga de aislamiento acústico para evitar los molestos ruidos del generador (unos 74 decibelios a 7 metros) y que incluya un sistema para la entrada de aire limpio y la extracción de aire de la nave.

Para el Aislamiento Acústico existen numerosos sistemas:

Principalmente hay que distinguir entre materiales aislantes y absorbentes acústicos, los primeros impiden el paso del sonido de un lugar a otro, y los segundos impiden la reverberación del sonido dentro de una misma sala.

Los materiales aislantes están basados en la reducción de sonidos de impacto, aéreos y por puente acústico. Para la reducción de sonidos de impacto se usan telas asfálticas con elevada densidad y reducido espesor. Para la reducción de sonidos aéreos se usan materiales muy porosos y muy poco rígidos, a mayor espesor mayor aislamiento acústico. Para evitar los puentes acústicos es importante que las paredes no estén en contacto entre sí (medianeras...) sólo en contacto a través del aislante.

Los materiales se clasifican según su capacidad de reducir el sonido:

Material	Aislamiento Acústico	Aislamiento Térmico	Uso
Poliestireno Extrusionado	No Sirve	Muy Bueno	Aislamiento Térmico en paredes y techos
Aislamiento Reflectante	No Sirve	Muy Bueno	Aislamiento Térmico en tuberías
Fibra o lana de Vidrio	Muy Bueno	Bueno	Ideal muros y techos viviendas (aislamiento térmico-acústico)
Lana de Roca	Bueno	Bueno	
Cáñamo	Muy Bueno	Malo	
Viruta de Madera	Muy Bueno	Bueno	
Poliuretano	Muy Bueno (Impacto)	No Sirve	Ideal para evitar ruidos de impacto
Polietileno en Espuma	Muy Bueno	Malo	Ideal para sonidos aéreos (mejor a mayor espesor)
Tela Asfáltica	Muy Bueno (Impacto)	No Sirve	Ideal para evitar ruidos de impacto
Corcho	Bueno	Muy Bueno	Polivalente

Para un mejor aislamiento acústico se colocan 2 capas, una de poliuretano de alta densidad (sonidos de impacto) y otra capa de material poroso (sonidos aéreos). Además al tener frecuencias de resonancia distintas se complementan el uno al otro.



La salida del tubo de escape del generador se colocará conectada con un tubo al exterior a través de la pared para que los gases de combustión no se concentren en la nave. Contará con un tubo de escape para reducir sonidos y finalmente un acolchado.

En la parte de las baterías, por encima de ellas se colocará un extractor de humo o aire y además en la parte opuesta se dispondrán rejillas en la pared para la entrada de aire.

6.4.2 Torre del aerogenerador

Debido a las leyes locales para la colocación en altura de aerogeneradores, éste se colocará a 12 m de altura, siendo esta altura suficiente por encontrarse el emplazamiento en una pequeña colina. Puede colocarse a 20 m pero esta opción es desechada por incrementar el precio de la estructura casi innecesariamente, por dificultar la colocación y mantenimiento del aerogenerador, cuyo peso ronda los 8 Kg y por necesitar de permisos e instalaciones luminosas para el tráfico aéreo.

Las estructuras son diversas, todas tienen ventajas e inconvenientes que vemos a continuación:

Torre de Mástil Tensado abatible

Ventaja: Es la solución de más bajo costo y fácil instalación, al abatirla es fácil arreglar el aerogenerador en el suelo.

Desventaja: No es fácil de escalar en caso de inspecciones o reparaciones. Requiere más terreno que la torre de un solo poste.

Torre de un solo poste

Ventaja: Buena apariencia, menos vibración y más confiable

Desventaja: El costo es mayor que la torre de mástil tensado y el mantenimiento necesita grúa.

Torre de estructura

Ventaja: máxima resistencia y fácil mantenimiento. Apariencia acorde al cortijo antiguo

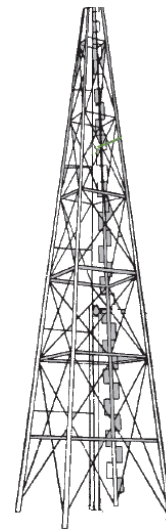
Desventaja: es la solución más cara.



Torre de Mástil Tensado abatible



Torre de un solo poste



Torre de estructura

La solución escogida es la torre de un solo poste, ya que el precio es asequible y es una torre muy usada y por tanto su fiabilidad está más que demostrada.



6.4.3 Estructura fotovoltaica

Existen diferentes tipos de estructuras para la colocación de los paneles fotovoltaicos, dependen de si los paneles van a tener 0, 1 ó 2 grados de libertad para seguir al Sol. También depende del lugar donde se vaya a colocar.



Sobre marquesina



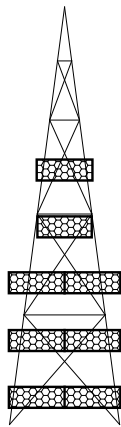
Sobre techo de nave



Situada en el suelo



De 2 grados de libertad



Sobre poste



En árbol

El ángulo de inclinación va en función de nuestras necesidades. Para una potencia generada en invierno máxima lo colocaremos a menos de 30° , para una potencia máxima en verano a más de 40° y para una potencia generada anual máxima lo colocaremos según la latitud de la instalación (37° Norte).

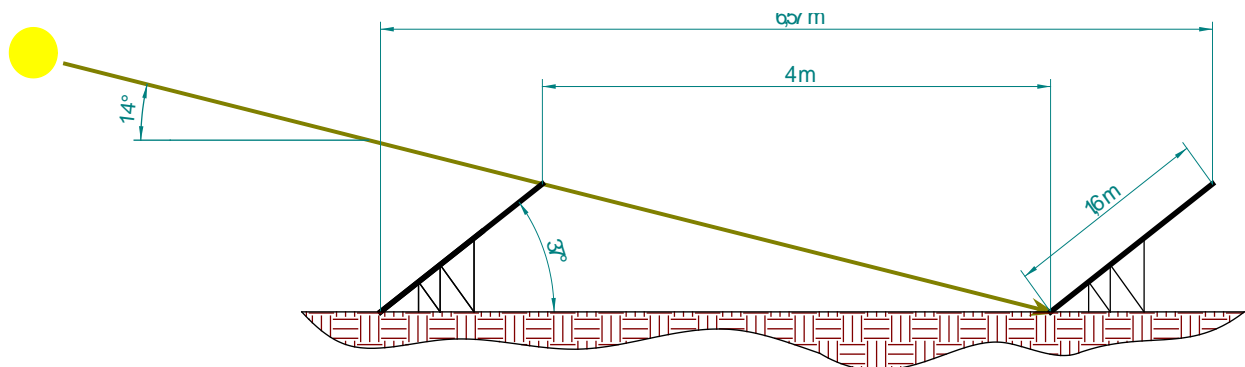
En nuestra instalación prima la potencia anual por ello irán situados en el suelo con una estructura soporte que los sitúe a 37° respecto al nivel de suelo mirando al Sur geográfico.

Si los colocamos sobre el suelo una opción es disponer los 8 paneles en línea pero ocuparía una línea de 8 metros, otra opción es disponerlos en 2 líneas de 4 paneles cada una, que es una forma también óptima y estética, pero para evitar darse sombra el uno del otro los dispondremos



horizontalmente y además teniendo en cuenta que el Sol incide en invierno con $13,5^\circ$ (que sale de la fórmula $37^\circ - 23,5^\circ$ de precesión), la distancia entre ellos para evitar que se den sombra el uno al otro debe de ser de 4 m.

El área ocupada por los paneles y sus estructuras es de $6,6 \times 4$ m ($26,5$ m²).



Si los colocamos aprovechando el poste del aerogenerador para evitar darse sombra el uno del otro los dispondremos teniendo en cuenta que el Sol incide en verano con $60,5^\circ$ (que sale de la fórmula $37^\circ + 23,5^\circ$ de precesión). El área ocupada de esta forma se reduce a 15 m². Nuestros paneles se colocarán 37° respecto al nivel de suelo mirando al Sur geográfico, en este caso una cara de la torre mirará hacia el Sur. Existen diferentes formas de colocarlos, teniendo en cuenta que primará que no suba hacia arriba en poste para que no varíe el flujo de viento que le llega al aerogenerador.

6.5 Sistema de Alarma y Antirrobo

Las viviendas, cortijos, haciendas y naves en zonas aisladas de campo en Andalucía se caracterizan por ser un blanco fácil de robos y hurtos de material eléctrico o cualquier otro material susceptible de ser vendido en el mercado negro o como chatarra. Por ello un grupo electrógeno, un aerogenerador y su torre, las placas fotovoltaicas y sobre todo las baterías por contener plomo son un grupo de riesgo de ser robado inmediatamente, más aún cuando no es la vivienda habitual. Es necesario disponer de un sistema de alarmas disuasorio y/o conectado con la Guardia Civil por medio de telefonía móvil. Además debe de contar con un buen sistema antirrobo, que abarca desde una malla metálica hasta puertas reforzadas en la nave.

El sistema de alarma que ya se encuentra dentro del Cortijo necesitará monitorear la nave donde se encontrarán el inversor, el generador y las baterías, también necesitará vigilar las placas fotovoltaicas que se encuentran situadas en el suelo y el aerogenerador que está situado en la torre a 12 m de altura.

Para la nave se dispondrá de un sistema de detección de movimientos mediante infrarrojos y de un detector por contacto de campo magnético en la puerta (para detectar su apertura).

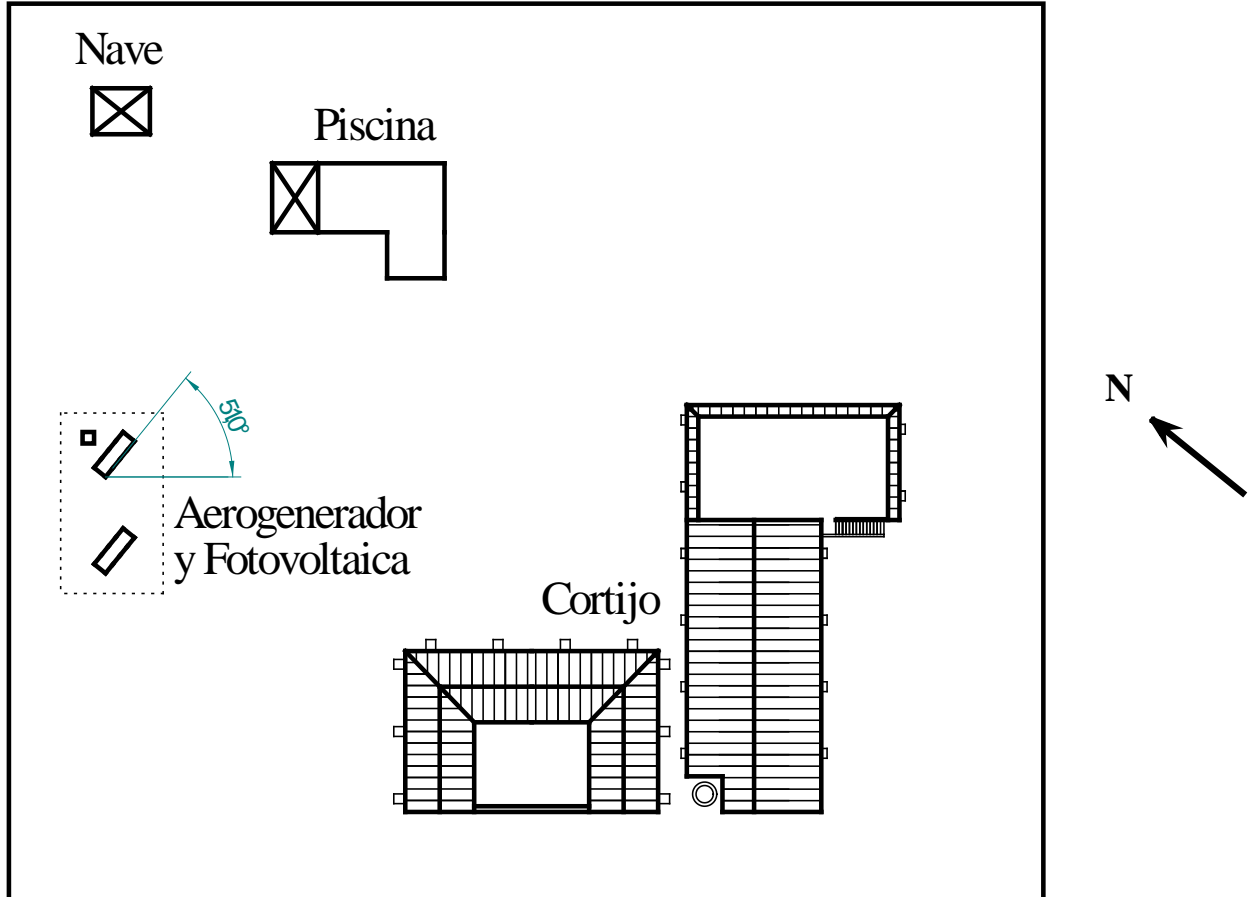
La torre del aerogenerador irá mallada con una malla de 2 m (simple galvanizado S.T. 50/14) y cuatro tirantas de alambre simple galvanizado. Contará con una puerta. En el interior se instalará una barrera de infrarrojos. Las placas fotovoltaicas se dispondrá del mismo método, al ser un mallado fino la cantidad de energía irradiada que quitará será mínima. Quedarían la torre y las placas dentro del mismo recinto mallado.



7. RESULTADOS FINALES

7.1 Disposición en planta del lugar

El aerogenerador y el grupo de paneles fotovoltaicos se colocarán de la siguiente forma para evitar la sombra a los paneles y evitar la reducción de velocidad del viento por las construcciones:



El grupo de baterías irá colocado en la nave, además de los reguladores fotovoltaico y eólico. El generador y el inversor también irán colocados allí.

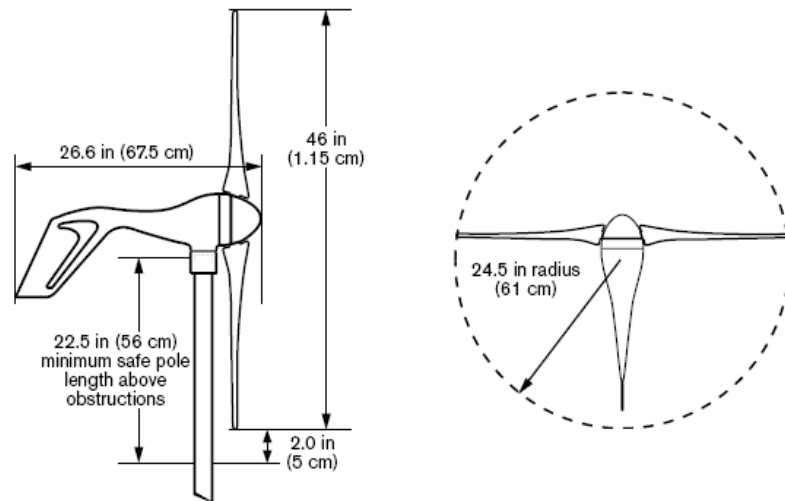


7.2 Instalación Eléctrica

7.2.1 Instalación Eólica

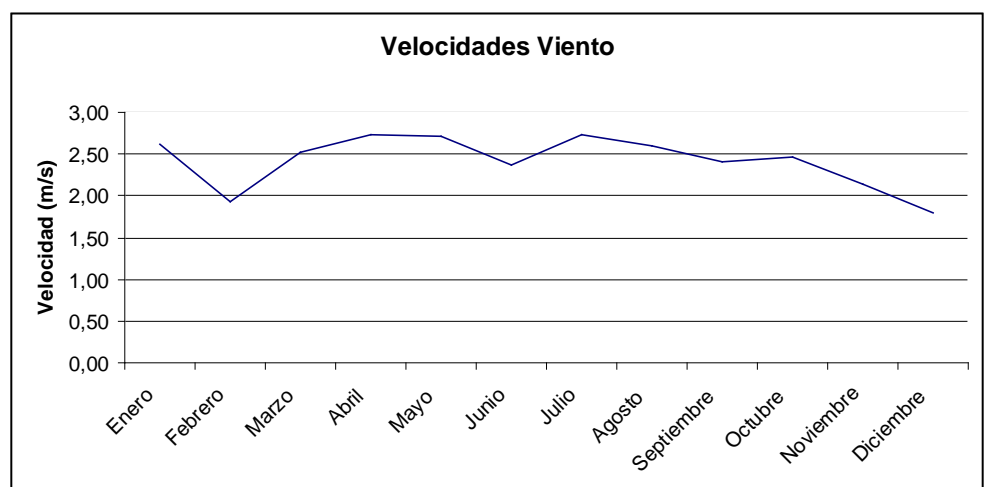
El aerogenerador escogido es un SouthWest Windpower AirX de 400 W y 48 V a corriente continua, de 7,7 kg. Estará a una altura de 12 m. Este modelo es ideal para cargar baterías pues será su función principal. Empieza a producir a 3 m/s y da su potencia nominal a 12,5 m/s, soportando vientos de hasta 50 m/s (180 km/h).

No tenemos que preocuparnos por el regulador de carga ya que viene incluido en cada aerogenerador, equipados para cargar bancos de baterías entre 25 y 25.000 Ah.



La energía disponible en la zona en este caso no se tendrá cuenta mes a mes, ya que históricamente la velocidad media del viento es aleatoria sin importar en que mes o estación de año estemos (estimaciones del CENER). Veamos los siguientes resultados del año 2011 cerca del lugar del emplazamiento para corroborar los datos. Los datos de velocidades de viento y de la rosa de los vientos han sido obtenidos de la pagina web de CENER (Centro Nacional de Energías Renovables), cuyos datos fueron sacados de la estación meteorológica del Aeropuerto San Pablo, cuyo anemómetro se encuentra a 10 m de altura y fueron extrapolados por un programa SIG (sistema de Información Geográfica) a una zona cercana al cortijo.

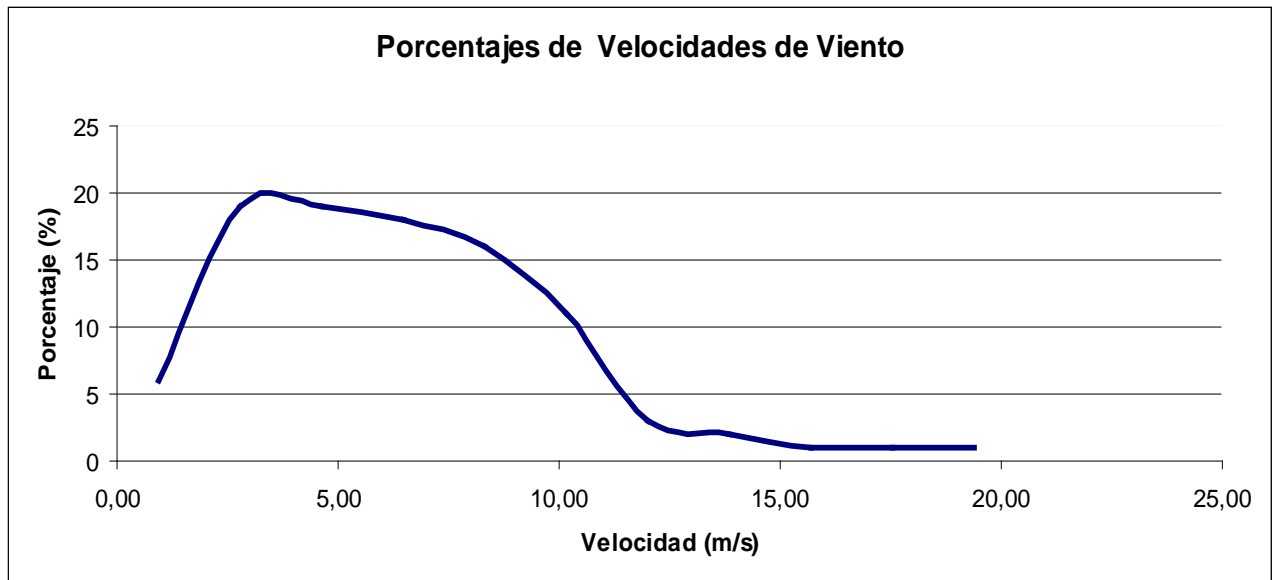
	V (m/s)
Enero	2,63
Febrero	1,92
Marzo	2,52
Abril	2,73
Mayo	2,72
Junio	2,37
Julio	2,73
Agosto	2,60
Septiembre	2,40
Octubre	2,47
Noviembre	2,14
Diciembre	1,80
Media	2,42





En el caso de la energía eólica necesitamos plantear una forma diferente a la energía fotovoltaica del cálculo energético, necesitamos saber qué porcentaje de velocidades están dentro de unos tramos, esto es debido a que por debajo de un valor umbral el aerogenerador no produce nada, por encima de otro valor umbral produce la máxima potencia y por encima de su valor máximo se debe detener para evitar roturas.

El siguiente histograma representa el porcentaje de veces que se presenta la velocidad del viento.



Los cálculos necesarios para hallar la potencia que nos suministraría el aerogenerador en una semana estándar sea el mes que sea se presentan a continuación.

Hay que tener en cuenta que la estación meteorológica que recogió los datos se encuentra a 10 metros sobre el suelo. El aerogenerador, como se explica en el apartado 6.4.2, va situado a una altura de 12 m, hay que ajustar los valores para esta altura. Todos estos ajustes van dirigidos en el sentido de la velocidad, no afectando al porcentaje de vientos ya que esta cuestión es constante.

Exponente de Hellmann	
Suelo de Hierba o Hielo	$\alpha = 0.08 - 0.12$
Mar o Costa	$\alpha = 0.14$
Terreno Poco Accidentado	$\alpha = 0.13 - 0.16$
Zona Rústica	$\alpha = 0.2$
Terreno Accidentado o Bosque	$\alpha = 0.2 - 0.26$
Terreno muy Accidentado o Ciudad	$\alpha = 0.25 - 0.4$

$$v_h = v_{10m} \cdot \left(\frac{h}{10}\right)^\alpha, \quad \text{donde } h=12m$$

Además hay que considerar el efecto de que nuestro cortijo está emplazado en una colina, es decir, debido al efecto Venturi si el área de paso se reduce, la velocidad aumenta. Por ello para tener en cuenta este “efecto colina” hay que aplicar un factor K de entre 1,4 y 2. En este caso lo tendremos en cuenta sobre 1,8. En los anexos de cálculo se justifica el valor de este factor.

	Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
Altura 10 m	V(m/s)	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	9,50	10,50
Altura 12 m	V(m/s)	0,51	1,54	2,56	3,59	4,62	5,64	6,67	7,69	8,72	9,75	10,77
Colina	V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39



Si tenemos en cuenta que una semana tiene 168 horas, veamos cuantas horas corresponden a cada velocidad del viento.

Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Horas/Semana	10,08	31,92	31,92	30,24	26,88	18,48	5,04	3,36	1,68	1,68	1,68

La potencia disponible asociada a la velocidad del viento es:

$$Pot = \frac{E_{cinetica}}{tiempo} = \frac{m \cdot v^2 / 2}{t} = \frac{\rho A v^3}{2} = \frac{\pi \rho D^2 v^3}{8}, \quad \text{con densidad } \rho = 1,225 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Por tanto depende del diámetro del aerogenerador $D = 1,14 \text{ m}$.

Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Horas/Semana	10,08	31,92	31,92	30,24	26,88	18,48	5,04	3,36	1,68	1,68	1,68
Pot Disponible (W)	0,43	11,65	53,95	148,04	314,64	574,46	948,23	1456,66	2120,46	2960,36	3997,07

Multiplicando la potencia disponible por las horas que se mantiene esa velocidad del viento resulta la energía disponible:

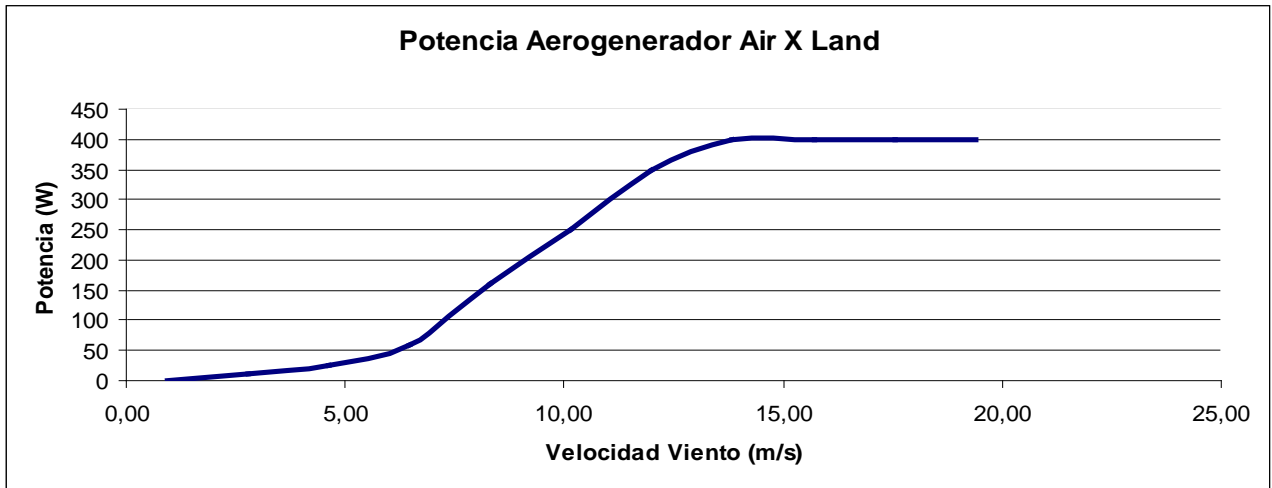
Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Horas/Semana	10,08	31,92	31,92	30,24	26,88	18,48	5,04	3,36	1,68	1,68	1,68
Pot Dispon (W)	0,43	11,65	53,95	148,04	314,64	574,46	948,23	1456,66	2120,46	2960,36	3997,07
Energía Dispon (Wh)	4,35	371,97	1722,09	4476,72	8457,48	10616,08	4779,08	4894,37	3562,38	4973,41	6715,08

Según el Límite teórico de Betz, el máximo rendimiento de un aerogenerador se alcanza en un 59,5%, esto quiere decir que de toda la energía disponible, solo se aprovecha ese porcentaje.

Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Horas/Semana	10,08	31,92	31,92	30,24	26,88	18,48	5,04	3,36	1,68	1,68	1,68
Pot Dispon (W)	0,43	11,65	53,95	148,04	314,64	574,46	948,23	1456,66	2120,46	2960,36	3997,07
Energía Dispon (Wh)	4,35	371,97	1722,09	4476,72	8457,48	10616,08	4779,08	4894,37	3562,38	4973,41	6715,08
Energía Útil (Wh)	2,59	221,32	1024,65	2663,65	5032,20	6316,57	2843,56	2912,15	2119,62	2959,18	3995,47

Si nos fijamos en la gráfica de aprovechamientos de un aerogenerador:

Aerogenerador Air X Land (48V, 400W)											
V (m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Potencia Aerog (W)	0	10	25	60	160	250	350	400	400	400	400



Vemos que por debajo de un valor umbral de 3 m/s el aerogenerador no produce potencia. Entre 3 m/s y 12 m/s la potencia producida depende de la velocidad del viento. Por encima de 12 m/s produce la máxima potencia independientemente de la velocidad. Y por encima de su valor máximo se debe detener el rotor para evitar roturas, siendo este caso despreciable por estar situado en una zona de vientos no huracanados.

Porcentaje (%)	6	19	19	18	16	11	3	2	1	1	1
V(m/s)	0,92	2,77	4,62	6,46	8,31	10,16	12,00	13,85	15,70	17,54	19,39
Potencia Aerog (W)	0	10	25	60	160	250	350	400	400	400	400
Energía Final (Wh)	0,00	319,20	798,00	1814,40	4300,80	4620,00	1764,00	1344,00	672,00	672,00	672,00

Energía Producida en una Semana (Aerogenerador)	16976,40 Wh
AÑO (kWh/año)	882,77

Generará una intensidad total en corriente continua con velocidades de viento de 12,5 m/s de:

$$I = \frac{400}{48} = 8,33A$$

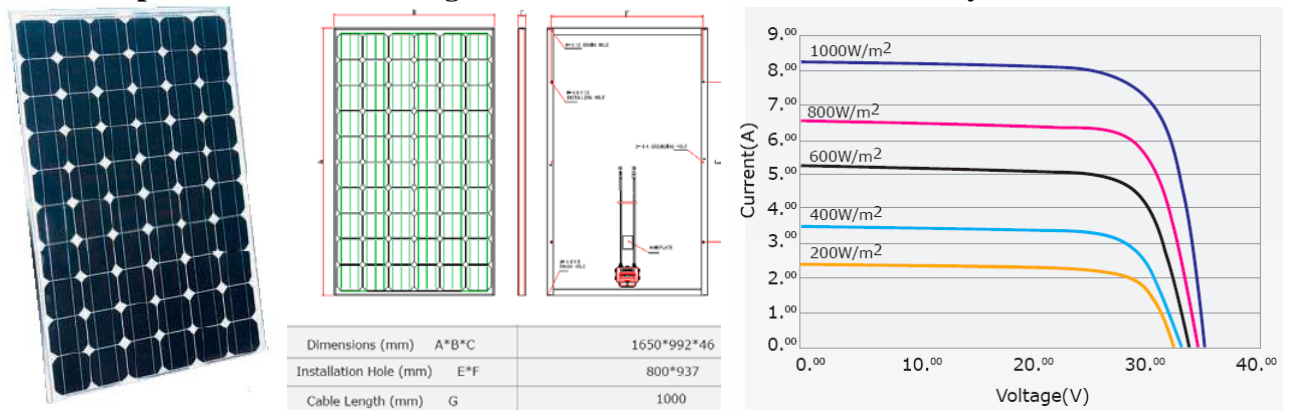
Para proteger los reguladores y el cableado aplicaremos un factor de seguridad de 1,25.

$$I_{AeroG} = 1,25 \cdot 8,33 = 10,42A$$



7.2.2 Instalación Fotovoltaica

El panel fotovoltaico escogido es el TRINA TSM-D05 de 200 W y 24 V. Monocristalino.



Vamos a calcular cuanta energía se obtiene con un panel Trina Solar de 200 W monocristalino a 24 V (TSM-200 D05), y a partir de mi consumo y sabiendo la potencia se obtiene del aerogenerador se podrá calcular cuántos paneles hacen falta para que:

Espacio una semana: **Energía aerogenerador + Energía FV = Energía consumida**

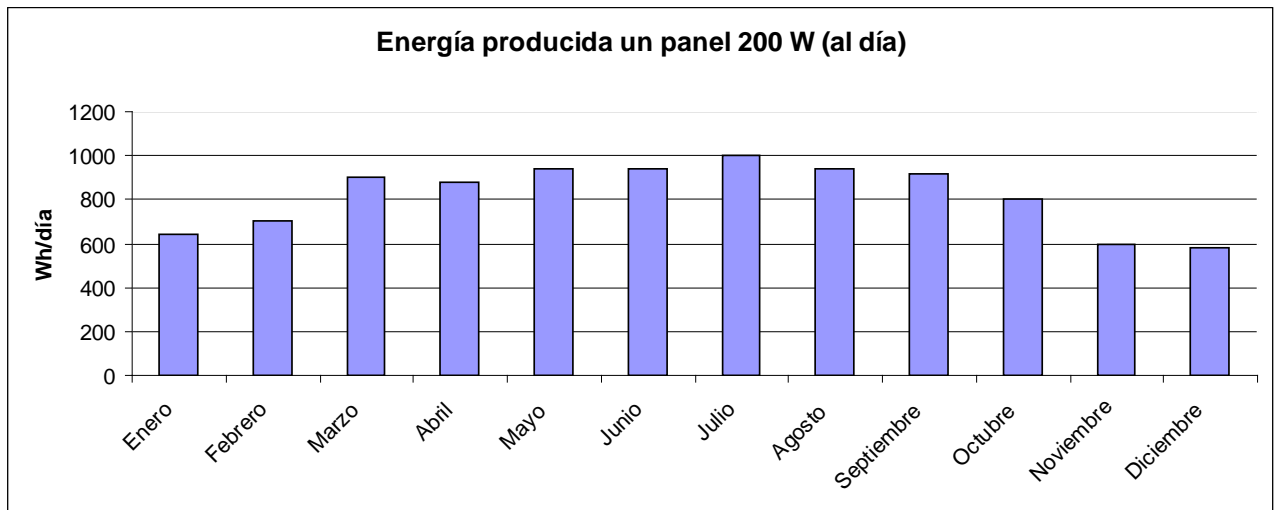
Haremos un cálculo energético de una semana estándar pero aquí, a diferencia de los cálculos para eólica, sí hay que tener en cuenta en qué mes nos encontramos.

Para hallar la energía producida por un panel fotovoltaico monocristalino de 200 W nos hemos valido del programa PVSyst, referente mundial en este tipo de cálculos. A partir del tipo de panel que vamos a calcular e introduciéndole el lugar de España donde va a ser colocado y la inclinación que llevará, el programa calcula primero la potencia irradiada dependiendo de los datos meteorológicos que posee de otros años en la zona y luego calcula la energía de salida del panel para cada día dependiendo del mes en que nos encontremos.

Energía producida por un panel 200 W	
Ubicación:	Sevilla

	Energía (Wh/día)	Energía (Wh/semana)
Enero	640	4480
Febrero	700	4900
Marzo	900	6300
Abril	880	6160
Mayo	940	6580
Junio	940	6580
Julio	1000	7000
Agosto	940	6580
Septiembre	920	6440
Octubre	800	5600
Noviembre	600	4200
Diciembre	580	4060

AÑO (kWh/año)	299,60
---------------	--------



Vamos a realizar el balance energético mes a mes para ver las necesidades de paneles fotovoltaicos.

Pero hace falta conocer el rendimiento fotovoltaico y eólico de la instalación:

$$\eta_{global} = (1 - k_b - k_c - k_v) \cdot (1 - k_a \cdot N / P_d)$$

k_b : coeficiente de pérdida por rendimiento del acumulador, entre 0,05 y 0,1 que consideraremos en este caso 0,1.

k_c : coeficiente de pérdida del inversor, cogemos 0,1 para inversores senoidales puros.

k_v : coeficiente de pérdidas Joule..., supondremos 0,1 de pérdidas generales.

k_a : coeficiente de descarga diaria de la batería, para baterías de Plomo 0,005

N: número de días de autonomía de la instalación, como máximo por nubes serán 4 días

P_d : profundidad de descarga diaria de la batería, supondremos 0,7 para evitar que llegue a descarga total inutilizando así la batería.

$$\eta_{global} = 0,68$$

Así el rendimiento es del 68%. En este rendimiento se ha tenido en cuenta toda la instalación excepto el rendimiento de los paneles fotovoltaicos (sobre el 20%), ya que lo que se calcula en este caso es la energía real que pueden producir, siendo irrelevante su rendimiento en estos casos.

Con estos cálculos tenemos el consumo energético real, que será:

$$E_{real} = \frac{E}{\eta_{global}}$$



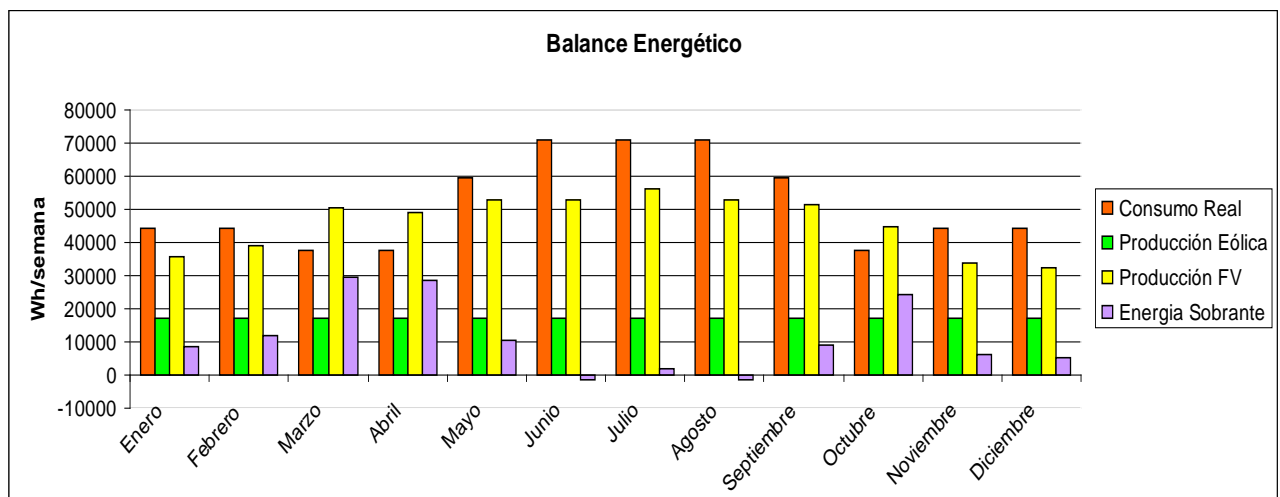
Balance energético entre Consumo y Producción mes a mes (por Semanas)

	Consumido	Consumo Real (Wh)	Prod Eólica (Wh)	Necesidad FV (Wh)	Un Panel (Wh)	Paneles Necesarios	Prod FV 8 paneles (Wh)	Energía Sobrante (Wh)	Prod Generador (Wh)
Enero	30200	44412	16976,40	27435	4480	6,1	35840	8404,64	0
Febrero	30200	44412	16976,40	27435	4900	5,6	39200	11764,64	0
Marzo	25610	37662	16976,40	20685	6300	3,3	50400	29714,64	0
Abril	25610	37662	16976,40	20685	6160	3,4	49280	28594,64	0
Mayo	40320	59294	16976,40	42318	6580	6,4	52640	10322,28	0
Junio	48320	71059	16976,40	54082	6580	8,2	52640	-1442,42	1442,42
Julio	48320	71059	16976,40	54082	7000	7,7	56000	1917,58	0
Agosto	48320	71059	16976,40	54082	6580	8,2	52640	-1442,42	1442,42
Septiembre	40320	59294	16976,40	42318	6440	6,6	51520	9202,28	0
Octubre	25610	37662	16976,40	20685	5600	3,7	44800	24114,64	0
Noviembre	30200	44412	16976,40	27435	4200	6,5	33600	6164,64	0
Diciembre	30200	44412	16976,40	27435	4060	6,8	32480	5044,64	0

AÑO (kWh/año)	1798,73	2645,19	865,80	1779,39	292,74		2341,92		12,26
---------------	---------	---------	--------	---------	--------	--	---------	--	-------

Podemos ver la columna de las necesidades de energía que deben abastecer los paneles fotovoltaicos. Si hacemos una comparación con la energía producida por el panel de 200 W, vemos que deberíamos colocar aproximadamente **8 paneles** fotovoltaicos para conseguir la energía en verano, 7 en invierno y 4 en primavera y otoño.

En esta instalación no es aplicable el factor de seguridad en los paneles ya que la batería nunca va a superar un umbral de descarga gracias al generador.



Además se observa que excepto en verano, en todos los meses sobra energía, aunque gracias a que en verano los paneles producen más que en invierno existe un pequeño balance natural por haber más consumo en verano.

Para conseguir el voltaje de la instalación de corriente continua de 48 V deben ir conectados 2 paneles en serie. El sistema fotovoltaico lo formarán 4 grupos en paralelo de 2 paneles en serie, con una potencia pico de 1600 Wp. Por cada grupo de 2 paneles en serie circulará como máximo:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot 200}{48} = 8,33A \quad \rightarrow \quad I_{2 \text{ paneles}} = 1,25 \cdot 8,33 = 10,42A$$



Y la intensidad total en corriente continua suministrada por el sistema fotovoltaico a su salida es de:

$$I_{FV} = 4 \cdot 10,42 = 41,67 A$$

Necesitaremos un **regulador de carga que irá colocado en la nave, se usará un TriStar-45 que permite rangos de 48 V y hasta 45 A.**



7.2.3 Instalación del Inversor

El aparato elegido es el Inversor/Cargador Victron Energy Quattro 48/3000/35-50, con salida monofásica de potencia 3000 W, 230 V, 50 Hz y factor de potencia unidad y entrada de corriente continua de 48 V y un máximo de 100 A.

Se colocarán 3 inversores en paralelo para obtener 9000 W y 400 V trifásicos. Es necesario un aparato de control para que las fases estén a 120° entre ellas (Phoenix MultiControl).

Cuenta con una entrada en corriente alterna para poderle conectar directamente un generador que cargue las baterías a la vez que proporciona la potencia demandada por las cargas.

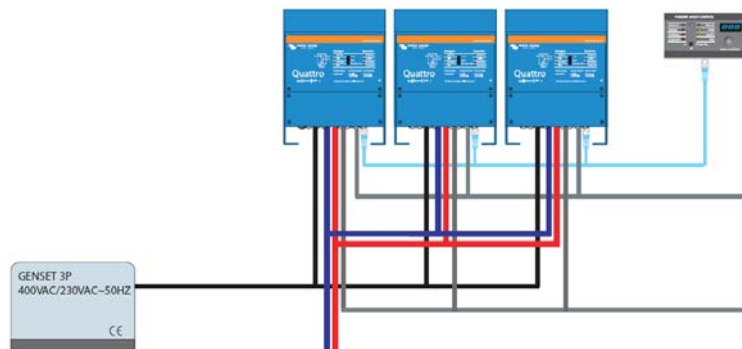
Si queremos conectar en la entrada de los inversores una posible red de ENDESA haría falta conectar entre ellos y la red un transformador de aislamiento.

La salida de intensidad en corriente alterna monofásica:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{3000}{230 \cdot 1} = 13,04 A \quad \rightarrow \quad I_{invCA} = 1,25 \cdot 13,04 = 16,30 A$$

La salida de intensidad en corriente alterna trifásica:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{9000}{400 \cdot 1} = 22,50 A \quad \rightarrow \quad I_{invCA} = 1,25 \cdot 22,50 = 28,13 A$$





7.2.4 Instalación del Generador

El generador escogido es el Generador de Gasolina FORMIGAL de 7 kVA, 400 V trifásico y 50 Hz y factor de potencia unidad. Con arranque eléctrico, refrigerado por aire, equipado con un depósito de 25 litros (10-12 horas de autonomía) y de 100 Kg de peso. Además viene equipado con un GUARDIAN BOX, que monitoriza las baterías y se arranca automáticamente cuando detecta que están bajas de capacidad.

Ya que el inversor/cargador está equipado para conectar entradas en CA, el generador se conectará directamente a él pero pasando antes por el CGBT donde se colocará el magnetotérmico.

Se configurarán los inversores/cargadores para que demanden al generador sólo 7 kVA y no 9 kVA.

Si fuera necesario abastecerse solamente del generador, se procederá a colocar un cable temporal desde el generador a una toma de entrada en el CGBT cortando antes la entrada de energía desde el inversor. Además posee salidas en monofásico de hasta 3,5 kW.



La intensidad máxima que aportará es:

$$I_{Gen} = 1,25 \cdot \frac{7000}{400 \cdot 1} = 21,88A$$



7.2.5 Sistema de Baterías

Para calcular la cantidad necesaria de acumulación en baterías hay que considerar que desde el viernes por la tarde hasta el domingo por la noche la demanda de potencia y energía es bastante superior a la producción, por lo menos en verano, que es cuando debemos calcular el poder de acumulación en nuestro sistema. Por ello hay que calcular las baterías necesarias en función de la energía producida desde el domingo por la noche hasta el viernes al mediodía. Hace falta tener en cuenta que la producción fotovoltaica ha disminuido respecto a la necesaria ya que hemos colocado 8 paneles, no 8.2 que es el balance justo.

Energía 5 días Aerogenerador + Energía 4,5 días FV = Energía acumulada Baterías

Cálculo de las baterías necesarias para acumular energía entre Semana		
Julio (Mes donde más se consume y produce)		

Produc 7 días (Wh)		
Eólica	Fotovoltaica	Total
16976	56000	72976

Prod 5 días (Wh)	Prod 4,5 días (Wh)	
Eólica	Fotovoltaica	Total (Wh)
12126	36000	48126

Aquí tenemos la energía producida por el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos en una semana, cuya energía total es de 72.976 Wh, ésta no es la energía teórica consumida sino que es la real asumiendo pérdidas.

Además la energía producida en el tiempo en el que sólo se están cargando las baterías sin consumo (5 días entre semana) es de 48.126 Wh, la cual no es la energía teórica acumulada sino la energía real acumulada en la instalación. La profundidad de descarga a la que puede llegar una batería sin averiarse es del 70%, por tanto nuestra capacidad real de acumulación debería ser de:

$$CapacidadAcumulacion = \frac{EnergíaNecesaria}{ProfundidadDescarga} = \frac{48.126Wh}{0,7} = 68.751 Wh$$

Esto no significa que la instalación deba cargar estos 68.751 Wh en 5 días, sigue pudiendo cargar en 5 días sólo 48.126 Wh, pero hace falta tener más capacidad de la batería para que no entre en descarga profunda, por tanto vamos a suponer que inicialmente las baterías están cargadas así que en una semana normal en verano (uso más limitante de las baterías) las baterías deberían llegar a una capacidad al final del domingo de:

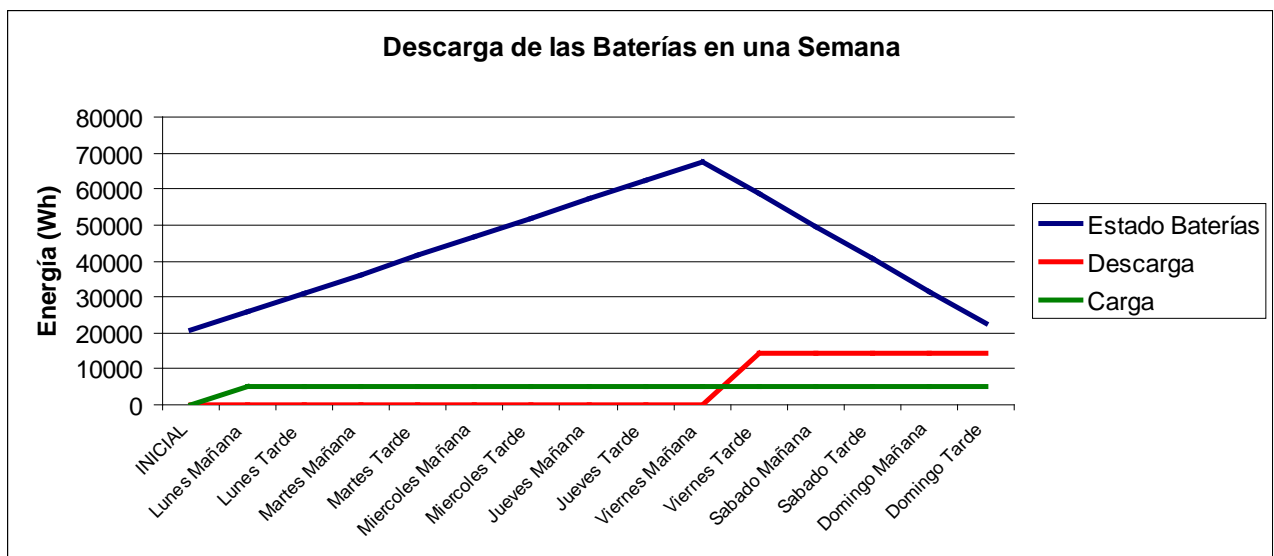
$$72.976 Wh \text{ baterías} - 48.126 Wh \text{ de descarga Máxima} = \mathbf{20.625 Wh \text{ suponemos de carga inicial.}}$$

Durante la semana no se realiza consumo en la instalación, por ello las baterías están simplemente cargándose hasta llegar a su capacidad máxima de 72.976 Wh, cuando empieza el fin de semana las baterías se siguen cargando a la misma velocidad pero el consumo es mucho mayor que la producción, por eso empiezan a descargarse hasta que llegan de nuevo a los 20.625 Wh al final de la semana. Ha sido calculado en verano que es la época de más consumo, ya que las baterías como mínimo deben de quedar cargadas un 30%, si bajan de ese punto su duración se ve reducida drásticamente y pueden estropearse.



En la siguiente tabla vemos que la capacidad de acumulación es menor que el consumo ya que la capacidad de acumulación tiene en cuenta que durante el fin de semana si se produce energía que hace que disminuya su valor y que no puede descargarse a menos del 30% lo que hace que suba su valor.

Descarga de las baterías al final de Domingo (Verano) (Aproximado)			
Producción diaria Eólica(Wh)	2425		
Producción diaria FV (Wh)	8000		
Consumo Fin Semana (Wh)	71059		
Capacidad Acumulación (Wh)	68751	(durante 5 días)	
Capacidad Acumulación (Ah)	1432	Tensión (V)	48
Carga Inicial (Wh)	20625		



La capacidad de baterías que necesitamos depende de a qué tensión vaya la parte de corriente continua de nuestro sistema:

$$Cap = \frac{Energía}{Tensión} = \frac{68.751Wh}{48V} = 1432 \text{ Ah}$$

Estas capacidades se sirven en baterías de 6 vasos de 2 V (total de 12 V).

Tenemos que poner en serie 4 baterías de 12 V y unos 1500 Ah para conseguir esta tensión.

Necesitamos 1432 Ah de acumulación y un voltaje de 48 V. La capacidad de las baterías viene determinada en función de la rapidez con que descarguemos las baterías. Normalmente una misma batería tiene distintas capacidades si se descarga en 10 horas, en 120 h ó en 240 h.

Nuestra vivienda se supone que consume de las baterías 48.000 Ah en 2 o 3 días. Esto es una descarga de la batería en 50 horas.



La batería ideal que escogemos es la Batería HAWKER TYS-12 12 OPzS 1200-1830 Ah (6 vasos de 2 V). Nuestra instalación es de 48 V, nos hacen falta 24 vasos de 2 V.

- Capacidad en Ah 10h (1,80V): 1340
- Capacidad en Ah 120h (1,85V): 1825
- Capacidad en Ah 240h (1,85V): 1910

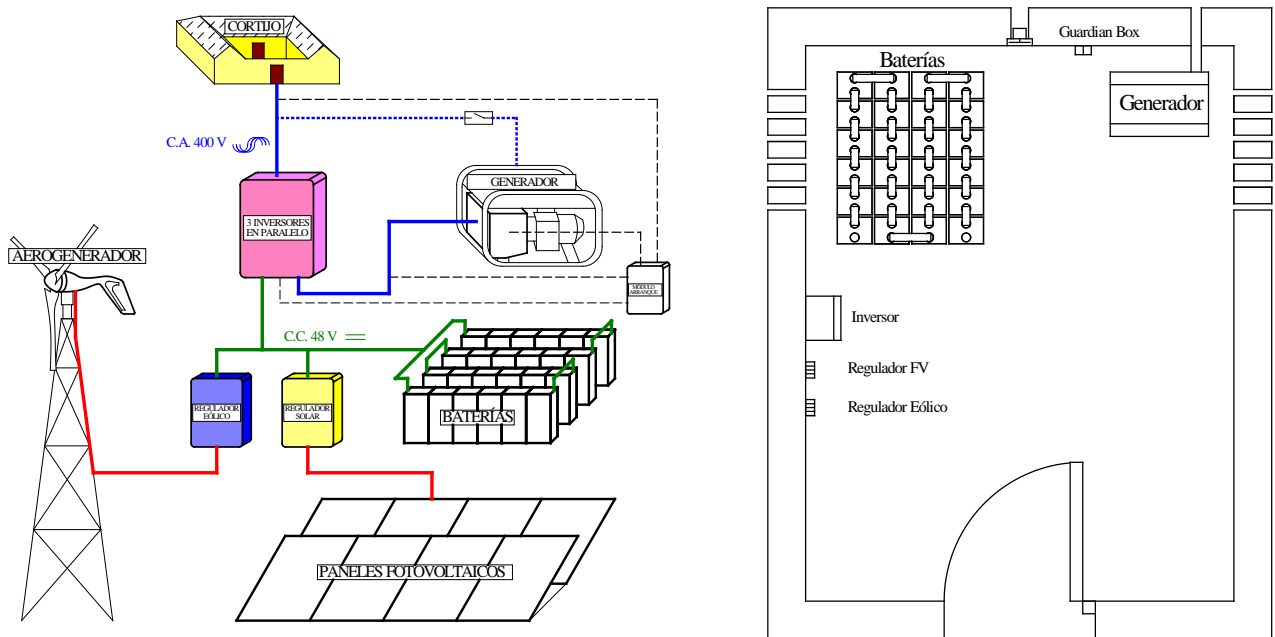
Nuestra capacidad $C_{50} = 1432 \text{ Ah}$, esto quiere decir que se descargará en 50 h suministrando una corriente $I_{50} = \frac{1432 \text{ Ah}}{50 \text{ h}} \cong 29 \text{ A}$. $\rightarrow I_{bat} = 1,25 \cdot 29 = 36,25 \text{ A}$

Pero la intensidad máxima que puede dar la batería es cuando estamos absorbiendo la potencia máxima desde el inversor:

$$I_{mbat} = \frac{9000 \text{ W}}{48 \text{ V}} = 187,5 \text{ A} \quad \rightarrow \quad I_{maxbat} = 1,25 \cdot 187,5 = 234,38 \text{ A}$$

7.2.6 Unificación de todos los sistemas en la Nave

Incluimos un esquema de las conexiones del sistema en: “4 – Planos” vienen detalladas las conexiones de todos los sistemas. Además en la nave los sistemas se dispondrán de la siguiente forma:



Las baterías estarán al lado del sistema de entrada de aire, que se situará a medio metro sobre el nivel del suelo. En la pared de enfrente se colocará otra entrada de aire a dos metros sobre el suelo para conseguir una convección libre. El sistema extractor se situará a medio metros sobre el suelo entre las baterías y el generador para extraer posibles vapores de las baterías y el generador.

El aerogenerador produce en corriente continua a 48 V, cuya energía se administra en el regulador eólico para cargar las baterías, el sistema fotovoltaico actúa de la misma forma.



Las baterías junto con el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos proporcionan la energía que necesita el inversor.

El inversor convierte la corriente continua de las baterías en corriente alterna para la vivienda. Por ser también cargador convierte la corriente alterna del generador en corriente continua para alimentar las baterías en caso de que salte el generador por batería baja.

Del inversor parten los cables en alterna hasta el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) que estará ubicado también dentro de la nave. Desde el CGBT parte el cableado hasta el Cortijo y la piscina.

7.2.7 Cableado

Veamos una tabla resumen con todas las intensidades y cables de conexionado que tenemos y necesitamos:

Cable	Características	Identificación	Intensidad
Del aerogenerador al regulador	CC, enterrado, 40 m + Al aire 15 m	CC-Aero-Reg	$I_{AeroG} = 10,42A$
Conexión 2 paneles en serie	CC, al aire, 1 m con 4 mm ² de paneles + 4 m	CC-FV-Panel	$I_{2\text{ paneles}} = 10,42A$
Conexión paralelo de los paneles al regulador	CC, enterrado, 40 m	CC-FV-Reg	$I_{FV} = 41,67A$
Del regulador aerogenerador a las baterías	CC, interior al aire, 2 m	CC-RegA-Bat	$I_{AeroG} = 10,42A$
Del regulador FV a las baterías	CC, interior al aire, 2 m	CC-RegFV-Bat	$I_{FV} = 41,67A$
De las baterías al inversor	CC, interior al aire, 3 m	CC-Bat-Inv	$I_{\max\text{ bat}} = 234,38A$
Del generador al CGBT	CA 400 V, en tubo empotrado en pared, 10 m	CA-Gen-CGBT	$I_{Gen} = 21,88A$
Del CGBT al inversor (cableado del generador) (comparte CA-Inv-CGBT)	CA 400 V, en tubo empotrado en pared, 5 m	CA-CGBTGen-Inv	$I_{Gen} = 21,88A$
Del CGBT a toma fuerza	CA 230 V, en tubo empotrado en pared, 2 m	CA-CGBT-TF	$P = 3,5\text{ kW}$ $I = 15,23\text{ A}$
Del CGBT a iluminación	CA 230 V, en tubo empotrado en pared, 4 m	CA-CGBT-Ilum	$P = 0,2\text{ kW}$ $I = 0,87\text{ A}$
Del Inversor al CGBT (comparte CA-Gen-Inv)	CA 400 V, en tubo empotrado en pared, 5 m	CA-Inv-CGBT	$I_{invCA} = 28,13A$
Del CGBT al Cortijo	CA 400 V, enterrado 100 m	CA-CGBT-Vivienda	$I_{invCA} = 28,13A$



Necesitamos cumplir el criterio térmico y el criterio de caída de tensión. Para el criterio de caída de tensión es necesario que las caídas no superen unos umbrales:

Caída de tensión entre:

- fotovoltaica y regulador: 3%
- aerogenerador y regulador: 3%
- generador e inversor: 3%
- reguladores y baterías: 1%
- baterías e inversor: 1%
- inversor y vivienda: 3%

Calcularemos las secciones con el programa Prysmitool cuyos resultados irán adjuntos en la sección de Anexos de Cálculo, aplicando el criterio térmico (máximo 90°C para PVC y XLPE) y el criterio de caída de tensión antes expuesto. Tendremos en cuenta si es monofásico a 230 V o trifásico a 400 V y 50 Hz o si es corriente continua a 48 V.

Además tendremos en cuenta el tipo de instalación que se trata, si es al aire o bajo tubo, si existen varias líneas en el mismo tubo... y las longitudes de las líneas.

Todos los cables, instalaciones eléctricas y de protección eléctrica deben cumplir y cumplen con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Cables previos (no son los dimensionalizados correctos):

CA-Gen-CGBT	400 V, XLPE, 10 m Tubo empotrado en pared	$I_{Gen} = 21,88A$ $\Delta V = 3\%$	3x2,5+1x2,5mm ² Retenax Flex (*No cumple sección mín)
CA-CGBTGen-Inv	400 V, XLPE, 5 m Tubo empotrado en pared (comparte CA-Inv-CGBT)	$I_{Gen} = 21,88A$ $\Delta V = 3\%$	3x2,5+1x2,5mm ² RetenaxFlex Empotrado Tubo D25mm (*No cumple sección mín)
CA-CGBT-TF	230 V, XLPE, 2 m Tubo empotrado en pared	P = 3,5 kW. I = 17 A $\Delta V = 3\%$	2x3+1x3mm ² RetenaxFlex Empotrado Tubo D30mm
CA-CGBT-Ilum	230 V, XLPE, 4 m Tubo empotrado en pared	P = 0,2 kW I = 1 A $\Delta V = 3\%$	2x2mm ² RetenaxFlex Empotrado Tubo D24mm
CA-Inv-CGBT	400 V, XLPE, 5 m Tubo empotrado en pared (comparte CA-CGBTGen-Inv)	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 0,5\%$	3x6+1x6 mm ² RetenaxFlex Empotrado Tubo D25mm (*No correcto)
CA-CGBT-Vivienda	400 V, XLPE, 100 m Enterrado a 40 cm	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 2,5\%$	3x10+1x10mm ² RetenaxFlamM Enterrado 40cm
Toma Fuerza dentro CGBT para Generador suministre directamente al cortijo	400 V, XLPE, 10 m Interior al aire	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 3\%$	3x4+1x4mm ² RetenaxFlex (*No cumple sección mín)



Identificación	Características	Intensidad y Caída Tensión	Sección necesaria
CC-Aero-Reg	48 V, PVC, 55 m Enterrado a 40 cm	$I_{AeroG} = 10,42A$ $\Delta V = 3\%$	2x16mm ² RetenaxFlamN Enterrado 40cm
CC-FV-Panel	48 V, PVC, 4 m Al aire	$I_{2\text{paneles}} = 10,42A$ $\Delta V = 0,5\%$	2x10 mm ² PolirretFerlex Al aire
CC-FV-Reg	48 V, PVC, 40 m Enterrado a 40 cm	$I_{FV} = 41,67A$ $\Delta V = 2,5\%$	2x70mm ² RetenaxFlamN Enterrado 40cm
CC-RegA-Bat	48 V, XLPE, 2 m Interior al aire sobre pared	$I_{AeroG} = 10,42A$ $\Delta V = 1\%$	2x2,5mm ² RetenaxFlamN Sobre pared
CC-RegFV-Bat	48 V, XLPE, 2 m Interior al aire sobre pared	$I_{FV} = 41,67A$ $\Delta V = 1\%$	2x10 mm ² RetenaxFlamN Sobre pared (*No correcto)
CC-Bat-Inv	48 V, XLPE, 3 m Interior al aire sobre pared	$I_{\text{max bat}} = 234,38A$ $\Delta V = 1\%$	2x70mm ² RetenaxFlamN (*No correcto)

Algunas secciones de cables no son correctas porque la mínima sección de un cable para que cumpla las normativas es de 6 mm². Además a otros cables hemos tenido que subirle la sección ya que no existía ningún magnetotérmico o fusible que pudiera protegerlo.

7.2.8 Protecciones

En el CGBT se dispondrán las protecciones de las líneas de corriente alterna que parten a la vivienda, a la piscina, a la toma de fuerza, a la iluminación y que llegan desde el generador (aunque éste ya dispone de protecciones propias). Todos ellos contarán con dos diferenciales que los englobe e interruptores automáticos individuales (que en caso de BT en vivienda se llaman magnetotérmicos), uno para el generador y otro para el resto en BT. Además los reguladores y el inversor disponen de protecciones.

En corriente continua se protegerá la instalación mediante fusibles de fusión lenta tipo gL-gG, colocados para proteger los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador, los reguladores de carga, el inversor y las baterías. Los fusibles de las entradas del aerogenerador y los paneles a la nave, los reguladores de carga, el inversor y las baterías estarán colocados en el cuadro de fusibles dentro de bases portafusibles, entre los reguladores y el inversor. Justo después de todos estos fusibles se colocarán seccionadores para ser usados en caso de necesitar cortar el suministro de alguno de estos elementos.

Los fusibles para las parejas de paneles irán situados lo más cerca posible de ellos.

A continuación procederemos a seleccionar los magnetotérmicos adecuados para la instalación de corriente alterna:

Los magnetotérmicos y fusibles protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos. Procedemos a calcular las intensidades de ellos:

I_n : Intensidad nominal del dispositivo (la que necesitamos).

I_b : Intensidad de diseño del circuito.

I_z : Intensidad máxima admisible del cable.

I_2 : Intensidad convencional de funcionamiento.



Deben cumplir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z, \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Con $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ para magnetotérmicos.

$$I_2 = 1,6 \cdot I_n \text{ para fusibles gG.}$$

A continuación se detallan las intensidades máxima admisible de los cables que sí cumplen con los criterios de protección, para ello hemos tenido que aumentar las secciones a los cables marcados (*)

		Debe cumplir esta condición						Debe cumplir esta condición	
		Ib circuito	<	In dispositivo	<	Iz max adm cable			I2 < 1,45*Iz
Magnetotérm	CA-Gen-CGBT	21,88	<	32	<	37,00	46,40	<	53,65
	CA-CGBTGen-Inv	21,88	<	25	<	29,60	36,25	<	42,92
	CA-TF	17,00	<	20	<	23,00	29,00	<	33,35
	CA-Ilum	1,00	<	6	<	16,50	8,70	<	23,93
	CA-Inv-CGBT	28,13	<	32	<	41,60	46,40	<	60,32
	CA-CGBT-Vivienda	28,13	<	32	<	67,98	46,40	<	98,57
	Toma Fuerza dentro CGBT para Generador	28,13	<	32	<	44,00	46,40	<	63,80
Fusibles	CC-Aero-Reg	10,42	<	16	<	90,64	25,60	<	131,43
	CC-FV-Panel	10,42	<	16	<	40,50	25,60	<	58,73
	CC-FV-Reg	41,67	<	50	<	90,64	80,00	<	131,43
	CC-RegA-Bat	10,42	<	16	<	22,00	25,60	<	31,90
	CC-RegFV-Bat	41,67	<	50	<	73,00	80,00	<	105,85
	CC-Bat-Inv	234,38	<	250	<	298,00	400,00	<	432,10

Los nuevos cables se van a subir a 6mm² como mínimo, y están comprobados con Cypelec:

Identificación	Características	Intens y C.T.	Sección necesaria
CC-Aero-Reg	48 V, PVC, 55 m Enterrado a 40 cm	$I_{AeroG} = 10,42A$ $\Delta V = 3\%$	2x16mm² RetenaxFlamN Enterrado 40cm
CC-FV-Panel	48 V, PVC, 4 m Al aire	$I_{2paneles} = 10,42A$ $\Delta V = 0,5\%$	2x10 mm² PolirretFerlex Al aire
CC-FV-Reg	48 V, PVC, 40 m Enterrado a 40 cm	$I_{FV} = 41,67A$ $\Delta V = 2,5\%$	2x70mm² RetenaxFlamN Enterrado 40cm
CC-RegA-Bat	48 V, XLPE, 2 m Interior al aire sobre pared	$I_{AeroG} = 10,42A$ $\Delta V = 1\%$	2x6mm² RetenaxFlamN Sobre pared
CC-RegFV-Bat	48 V, XLPE, 2 m Interior al aire sobre pared	$I_{FV} = 41,67A$ $\Delta V = 1\%$	2x16 mm² RetenaxFlamN Sobre pared
CC-Bat-Inv	48 V, XLPE, 3 m Interior al aire	$I_{max bat} = 234,38A$ $\Delta V = 1\%$	2x95mm² RetenaxFlamN Sobre pared



CA-Gen-CGBT	400 V, XLPE, 10 m Tubo empotrado en pared	$I_{Gen} = 21,88A$ $\Delta V = 3\%$	4x6+1x6 mm² RetenaxFlex Empotrado Tubo D63mm
CA-CGBTGen-Inv	400 V, XLPE, 5 m Tubo empotrado en pared (comparte CA-Inv-CGBT)	$I_{Gen} = 21,88A$ $\Delta V = 3\%$	4x6+1x6mm² RetenaxFlex Empotrado Tubo D63mm (mismo tubo CA-Inv-CGBT)
CA-CGBT-TF	230 V, XLPE, 2 m Tubo empotrado en pared	$P = 3,5 \text{ kW.}$ $I = 17 \text{ A}$ $\Delta V = 3\%$	2x6+1x6mm² RetenaxFlex Empotrado Tubo D50mm
CA-CGBT-Ilum	230 V, XLPE, 4 m Tubo empotrado en pared	$P = 0,2 \text{ kW}$ $I = 1 \text{ A}$ $\Delta V = 3\%$	2x6mm² RetenaxFlex Empotrado Tubo D50mm
CA-Inv-CGBT	400 V, XLPE, 5 m Tubo empotrado en pared (comparte CA-CGBTGen-Inv)	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 0,5\%$	4x10+1x10 mm² RetenaxFlex Empotrado Tubo D63mm (mismo tubo CA-CGBTGen-Inv)
CA-CGBT-Vivienda	400 V, XLPE, 100 m Enterrado a 40 cm	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 2,5\%$	4x10+1x10mm² RetenaxFlamM Enterrado 40cm
Toma Fuerza dentro CGBT para Generador	400 V, XLPE, 10 m Interior al aire	$I_{Gen} = 28,13A$ $\Delta V = 3\%$	4x6+1x6mm² RetenaxFlex Sobre pared

Nuestros fusibles y magnetotérmicos necesarios son:

Circuito	Características	Fusible	Seccionador
CC-Aero-Reg	$I_{AeroG} = 10,42A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 16 A Icu: 50 kA	In: 32 A
CC-FV-Panel	$I_{2paneles} = 10,42A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 16 A Icu: 50 kA	-
CC-FV-Reg	$I_{FV} = 41,67A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 50 A Icu: 50 kA	In: 63 A
CC-RegA-Bat	$I_{AeroG} = 10,42A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 16 A Icu: 50 kA	In: 32 A
CC-RegFV-Bat	$I_{FV} = 41,67A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 50 A Icu: 50 kA	In: 63 A
CC-Bat-Inv	$I_{max bat} = 234,38A . 48 \text{ V.}$ Corriente continua. 2P	In: 250 A Icu: 120 kA 2 fusibles	In: 315 A 2 seccionadores



Circuito	Características	Magnetotérmico (Curva tipo C)	Interruptor Diferencial
CA-Gen-CGBT	$I_{Gen} = 21,88A \cdot 400 V$ 3 fases + neutro.	In: 32 A Icu: 6 kA	In: 63 A 30 mA
CA-CGBTGen-Inv	$I_{Gen} = 21,88A \cdot 400 V$ 3 fases + neutro.		
CA-TF	$I = 17 A \cdot 230 V$ 2 fases.	In: 20 A Icu: 6 kA	In: 63 A 30 mA
CA-Ilum	$I = 1 A \cdot 230 V$ 2 fases.	In: 6 A Icu: 6 kA	
CA-Inv-CGBT	$I_{Gen} = 28,13A \cdot 400 V$ 3 fases + neutro.	In: 32 A Icu: 6 kA	
CA-CGBT-Vivienda	$I_{Gen} = 28,13A \cdot 400 V$ 3 fases + neutro.	In: 32 A Icu: 6 kA	
Toma Fuerza dentro CGBT para Generador	$I_{Gen} = 28,13A \cdot 400 V$ 3 fases + neutro.	In: 32 A Icu: 6	In: 63 A 30 mA

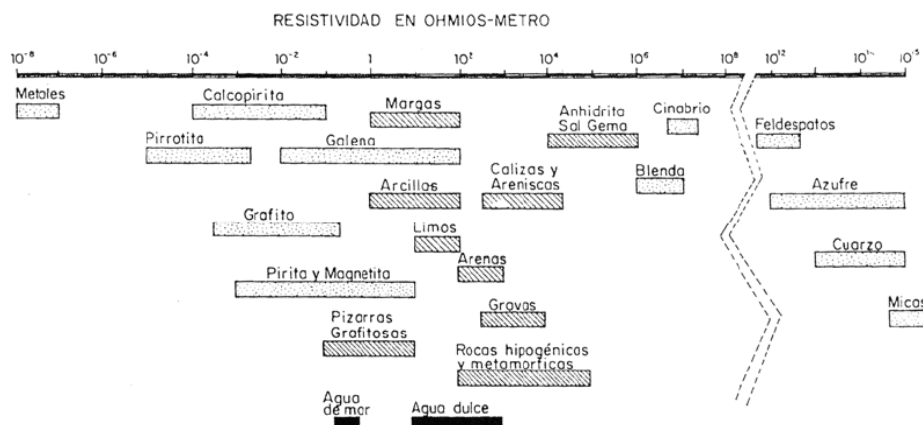
7.2.9 Puesta a Tierra

La instalación debe cumplir con la normativa de puesta a tierra del Reglamento de Baja Tensión REBT, Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-08.

Todas las instalaciones con tensiones superiores a 48 V contarán con toma de tierra. Por tanto la parte de la instalación de los reguladores y la batería no necesitan toma de tierra.

La instalación fotovoltaica y el aerogenerador al ser estructuras metálicas con acceso a ellas dispondrán de toma de tierra siempre que superen los 24 V, como es nuestro caso. Las tomas de tierra no deben superar el valor de 800Ω . Se interconectarán las estructuras metálicas fotovoltaica y eólica e irán a una toma de tierra alejada de la toma de tierra de alterna de la nave y la vivienda. Se unirán mediante un conductor de **Cu desnudo trenzado de 35 mm²** y se conectarán a la toma de tierra, pero esta instalación no dispondrá de diferencial. Se disponen picas enterradas como mínimo a 0,5 m la parte más superior, la resistencia de toma de tierra se calcula para picas verticales:

$$R = \frac{\rho_{\text{terreno}}}{L_{\text{pica}}} = \frac{1000\Omega \cdot m}{2m} = 500\Omega \quad \rightarrow \quad N^{\circ} \text{ Picas} \geq \frac{R}{800\Omega} = 0,62 \quad \rightarrow \quad N^{\circ} \text{ Picas} = 1$$





Las partes en corriente alterna monofásica y trifásica necesitan de toma de tierra. Por ello colocaremos una para la nave (que procedemos a calcular) y otra para la vivienda (que ya dispone de ella).

Las 3 tomas de tierra de las estructuras de los paneles, de la nave y de la vivienda tienen que estar alejadas entre sí la distancia de:

$$x = \frac{\rho \cdot 0,03A}{2\pi \cdot 50V} \approx 1m, \text{ de donde se deduce que cumplen sobradamente con la normativa.}$$

La toma de tierra necesaria para los circuitos a 400 V de la nave (inversor, generador y toma de fuerza) va acompañada de un interruptor diferencial monofásico de sensibilidad 30 mA para proteger de contactos. Se disponen picas enterradas como mínimo a 0,5 m la parte más superior. El conductor conectado a las piquetas no debe disponer de ningún tipo de protección que pueda cortar el cable.

1 pica de 2 m para nave, otra pica de 2 m para vivienda y otra pica de 2 m para las estructuras fotovoltaica y eólica.

La sección del conductor conectado a la pica es **35 mm² Cu**.

Sección de tierra para cables conductores (las secciones necesarias se recogen en tabla de cableado):

$$\begin{aligned} S_{\text{cable}} < 16 \text{ mm}^2 &\rightarrow S_{\text{cabletierra}} = S_{\text{cable}} \\ 16 < S_{\text{cable}} < 35 \text{ mm}^2 &\rightarrow S_{\text{cabletierra}} = 16 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{cable}} > 35 \text{ mm}^2 &\rightarrow S_{\text{cabletierra}} = S_{\text{cable}} / 2 \end{aligned}$$

7.3 Distribución energética y aprovechamiento en el consumo

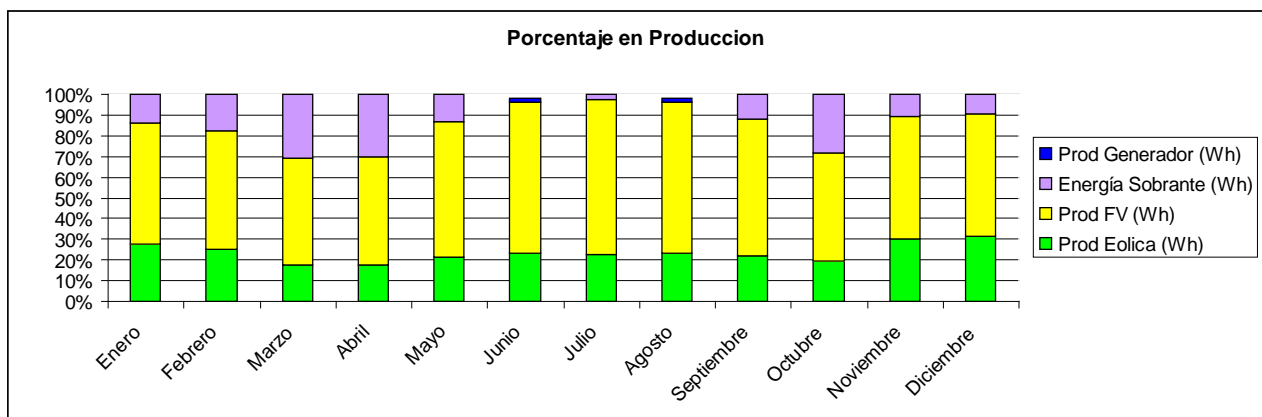
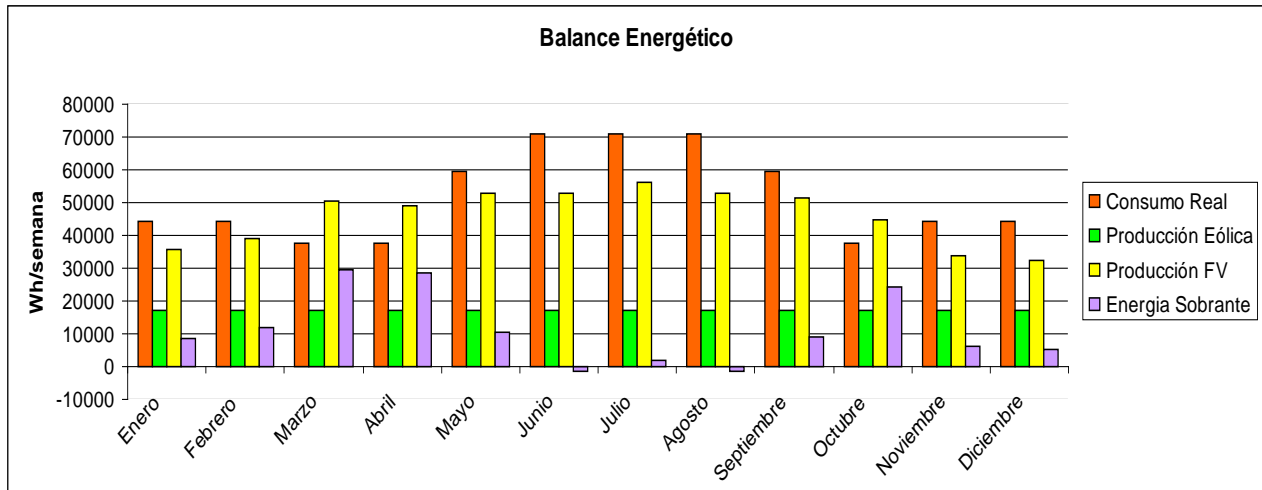
La instalación dispondrá de una potencia de 9 kW, trifásica a 50 Hz, y la parte de corriente continua a 48 V.

Como vimos anteriormente, nuestras necesidades energéticas son las siguientes:





Que serán satisfechas con un reparto procedente de las siguientes fuentes:



7.4 Estructuras

7.4.1 Acondicionamiento de la Nave y localización de aparamenta

Se decide no aislar la pared, ya que está compuesta por ladrillos huecos con un grosor de 30 cm en total, al igual que el techo, lo que les confiere un aislamiento de como mínimo RW de 45 dB. En la puerta se colocarán planchas de polietileno en espuma (COPOPREN) de 4 cm por la parte que da al interior de la nave. Debajo del generador colocaremos ACUSTILÁSTIC-N, un panel de caucho que impedirá que las vibraciones pasen al suelo.

La salida del tubo de escape del generador se colocará conectada con un tubo al exterior a través de la pared para que los gases de combustión no se concentren en la nave.

Encima de las baterías se colocará un extractor de humo y/o aire. Será del tipo Extractor 100VENTS VK01, que funciona a 230 VCA, con un diámetro de 100 mm, silencioso y una capacidad de extracción de 100m³/h de aire. Utilizaremos el mismo cable que alimenta a la luz, para que al encender la luz se encienda el extractor.

El número de renovaciones a la hora para la nave de 60 m³ es de 2 renovaciones a la hora, añadiendo la ventilación natural de las rejillas abiertas, es más que suficiente.

El banco completo de baterías pesa 2200 kg (91 kg cada batería x 24 baterías), estarán colocadas sobre cimentación sobre suelo, por tanto la estructura de la nave no necesitará ninguna reforma para aguantar este peso concentrado.

En ambas paredes laterales se dispondrán rejillas en la pared para la entrada y salida de aire por convección natural, ambas a 0,5 m de altura.



7.4.2 Torre del aerogenerador

La solución escogida es la torre de un solo poste (torre autoportada), que contará con cables tensores (Acero galvanizado) de 12 metros de longitud y 6 mm de diámetro para evitar vibraciones en la punta debidas al viento.

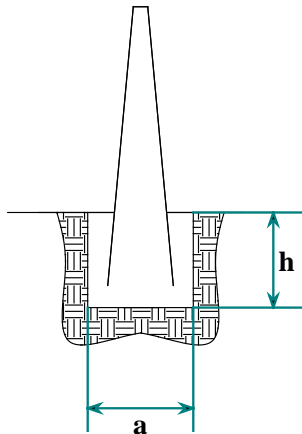
Usaremos una torre P-400 Bornay, específica para aerogeneradores de hasta 1500 W y 40 Kg. Nuestro aerogenerador es de 7,7 Kg. La torre tiene 12 m desde nivel de suelo y 13 m de largo en total. Estas estructuras cumplen con todas las normativas (NBE EA-95 Estructuras de Acero en Edificación) y se han consolidado en el mercado como una forma fácil, eficaz y segura (tras años de ensayos y usos) de colocar los aerogeneradores, además de ser una de las soluciones más económicas.

Es posible subir a través de la torre, para ello es necesario hacerlo con arneses de seguridad y cuando no haya viento en la zona.

Tipo de Torre	Altura (m)	Características Mecánicas		Dimensiones		Peso Total (Kg)
		Esfuerzo Nominal	Esfuerzo útil en punta	Cabeza (mm)	Base (mm)	
P-400	12	408	408	320	620	226

La torre estará anclada al suelo por su propia zapata de hormigón armado con cimentación profunda. La parte visible de la cimentación debe tener una pequeña inclinación para evitar que el agua de lluvia se quede sobre ella y oxide la torre.

De las tablas del manual de la torre P-400, teniendo en cuenta el reglamento CTE DB-SE-C, podemos hallar el cálculo de la zapata.



Tipo terreno		P-400					P-750					P-1250				
		12	14	16	18	20	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
FLOJO K = 8	h	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3
	a	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
NORMAL K = 12	h	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0
	a	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5
ROCOSO K = 16	h	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9
	a	0,8	3,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5

Por tanto el tamaño de nuestra zapata, aumentándole por un factor de 1,5 por los lados por seguridad y para separar la tierra de la torre es de:

1,6 metros de profundidad y 1,2 metros de lado.



7.4.3 Estructura fotovoltaica

Colocaremos los paneles a nivel de suelo, justo al lado del aerogenerador. **Nuestros paneles se colocarán 37° respecto al nivel de suelo, verticalmente y mirando al Sur geográfico.** De todas las formas de colocarlos hemos escogido una forma estética y que prima que los paneles no estén muy elevados.

Existen diferentes sujeciones para los paneles. Usaremos la estructura tipo S para cada fila de 4 paneles. Estas estructuras cumplen con todas las normativas (Los materiales empleados son el acero galvanizado en caliente, normas UNE 37-501 y UNE 37-508, que cumple con los espesores mínimos exigibles según la norma UNE EN ISO 1461. La tornillería utilizada es galvanizada ó de acero inoxidable y conforme a la Norma MV-106). Se han consolidado en el mercado como una forma fácil, eficaz y segura (tras años de ensayos y usos) de colocar los paneles fotovoltaicos.



Estructura tipo S Atersa para 3 ó 4 paneles (Panel colocado verticalmente).

La parte visible de la cimentación debe tener una pequeña inclinación para evitar que el agua de lluvia se quede sobre ella y oxide la estructura.

El tamaño de las zapatas:

- Para una altura inferior a 10 m y hasta 90 km/h, la presión dinámica es de 50 kg/m^2 . Además una inclinación de 37° . Por tanto $P_s = 50 \cdot \cos(37^\circ) = 39,9 \text{ kg/m}^2$
- Tenemos una superficie de $1,6 \text{ m}^2 \times 4 = 6,4 \text{ m}^2$.

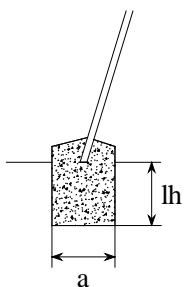
La presión total será $F_x = S \cdot P_s = 6,4 \cdot 39,9 = 255,4 \text{ kp}$

Teniendo en cuenta el reglamento CTE DB-SE-C, la comprobación debe ser “a vuelco”.

El peso de los 4 paneles es de 78 kg (19,5 kg cada panel x 4 paneles), si le incluimos el de la estructura de unos 20 kg. En total no más de 100 kg.

Para que el funcionamiento de la zapata sea correcto, se tiene que cumplir:

$$(N + P) \frac{a}{2} \geq (V \cdot h) \cdot \gamma_1$$





N: esfuerzo nominal = 1000 N

P: peso propio = $a \cdot a \cdot l_h \cdot 25000 \frac{N}{m^3}$

a: ancho de zapata

V: esfuerzo cortante = $255,4 \cdot 9,8 = 2500$ N

l_h : profundidad

h: altura estructura = 1,5 m

γ_1 : coeficiente de seguridad a vuelco 1,5

Suponemos una zapata de 0,4 x 0,4 x 0,4 y comprobamos:

$$(1000 + 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 25000) \frac{0,4}{2} \geq (2500 \cdot 1,5) \cdot 1,5 \rightarrow \quad \text{¿} 520 \geq 5625 \text{ ? NO}$$

Suponemos una zapata de 1 x 1 x 0,5 y comprobamos:

$$(1000 + 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 25000) \frac{0,4}{2} \geq (2500 \cdot 1,5) \cdot 1,5 \rightarrow \quad \text{¿} 6750 \geq 5625 \text{ ? SÍ}$$

Dado que esta zapata se va a subdividir en 4 (una para cada apoyo de la estructura), las medidas de cada zapata individual serán una cuarta parte que la zapata calculada ideal.

Cada zapata individual:

Ancho = 0,5 m, profundidad = 0,5 m.

7.5 Sistema de Alarma y Antirrobo

La central de la alarma está ya dispuesta en el cortijo, conectada con la policía. Es necesario por tanto llevar el cableado desde la nave y desde la torre del aerogenerador hasta la vivienda, este cableado irá bajo tubo a 40 cm de profundidad.

Contará con 3 sirenas disuasorias de 110 decibelios, una en la vivienda, otra en la nave y otra en la torre, todas colocadas a 3 m de altura en el exterior.

En el centro la nave se colocará un sistema de detección de movimientos mediante infrarrojos con alcance de hasta 15 m y en la puerta un detector por contacto de campo magnético (para detectar su apertura). En el techo se colocará un detector de humo para avisar en caso de incendio.

La torre del aerogenerador irá rodeada con una malla de 2 m (simple galvanizado S.T. 50/14), con cuatro tirantas de alambre simple galvanizado y contará con una puerta.

En el interior se instalará una barrera de infrarrojos o fotoeléctrica con una distancia entre la unidad transmisora y receptora en exterior de cómo máximo 8 m. Dichas unidades estarán colocadas sobre un poste a 1 m de altura.



Detector por contacto (Puerta)



Barrera Infrarroja (Torre)



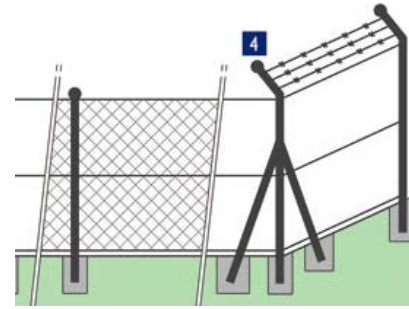
Detector Movimientos (Nave)



Sirena (Nave, Torre, Vivienda)



Detector Humo (Nave)



Mallado (Torre)



8. LEGALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para legalizar la instalación debemos asegurarnos de que cumpla lo establecido en el REBT vigente. Por tanto la realizará un instalador eléctrico autorizado que disponga de la especialidad de Instalaciones de generadores en baja tensión (IBTE 9).

Para $P < 10$ kW: se presentará memoria técnica por parte del instalador.

Para $P > 10$ kW: se necesita proyecto visado.

El proyecto será redactado y firmado por un técnico titulado competente, y será el responsable de que el mismo se adapte a las exigencias reglamentarias. Deberá entregar al propietario un manual de uso y mantenimiento de la instalación.

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de como mínimo 3 años con un mantenedor autorizado.