



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

Instalación solar térmica y aerogenerador para autoconsumo

Autor: Juan Antolín Tello del Rosal

Director: Luis Javier Mata García

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Juan Tello del Rosal

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

Instalación de energía solar y aerogenerador para autoconsumo,

que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que

podieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a7..... deAgosto..... de2018.....

ACEPTA

Fdo.....



Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y AEROGENERADOR PARA AUTOCONSUMO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA - ICAI

Autor: Juan Antolín Tello del Rosal

Director del proyecto: Luis Javier de la Mata

7 de Agosto de 2018

Resumen

En la actualidad la generación de energía en nuestro país y en el mundo entero está basada y enfocada en la generación de energía mediante combustibles fósiles. Poco a poco las energías renovables están siendo más visibles en el sector energético mundial, debido en gran parte al Protocolo de Kyoto en el cual los países participantes se comprometieron a la reducción de los gases de efecto invernadero.

La gran parte de la producción de las energías renovables que existen en España están destinadas para la generación eléctrica volcada a la Red. Las instalaciones de autoconsumo de generación de energía cada vez se hacen más comunes, y una opción viable para la desconexión de la red.

El objetivo de este proyecto es conseguir mediante la instalación de un sistema de generación eléctrica mediante un aerogenerador y un sistema de calentamiento de ACS mediante energía solar. La segunda parte del proyecto es observar la viabilidad del mismo y el impacto medioambiental de la instalación.

La localización de la vivienda será San Lorenzo de El Escorial, localizada en la sierra de Guadarrama, Comunidad de Madrid. Una vez establecida la localización se realizará un estudio del viento y de la radiación solar de la zona elegida, para comprobar la viabilidad de la instalación.

La primera parte del proyecto consiste en la estimación de la demanda energética de la vivienda, tanto de energía eléctrica como de energía térmica para el suministro de ACS. La estimación final del estudio es que la vivienda tiene una demanda energética diaria de 11025 Wh y 112l/día de ACS a 60°C. Esto equivale a una demanda anual de 4025 kWh de suministro eléctrico y de 2400 kWh de suministro térmico.

La segunda parte del proyecto se centrará en el diseño y elección de los componentes de cada instalación. La instalación solar se compondrá de un captador solar, un interacumulador y un sistema de bombeo DrainBack que se encargará del vaciado automático de vaciado y llenado de captadores para su protección. Todos los elementos serán adquiridos al fabricante Roth en un kit solar. Se requiere que el sistema suministre al menos un 50% de ACS. Con la herramienta CHEQ4 se ha comprobado que el sistema solar es capaz de aportar un 62% del suministro de ACS y reduciendo las emisiones de CO₂ en 320kg/año.

La instalación de generación eléctrica tendrá como principal método de generación un aerogenerador de eje horizontal Enair E30Pro. También se ha optado por la implementación de una pequeña instalación solar de apoyo para los días en los cuales

el viento no sea lo suficientemente potente para que el aerogenerador suministre toda la energía demandada por la vivienda.

El estudio eólico se ha realizado mediante los datos de los últimos 4 años, datos aportados por la página web meteoclimatic.net, que esta a su vez recibió los datos de la velocidad del viento en una estación meteorológica colocada en la localidad. Los datos de la radiación solar media diaria por mes se han recogido del IDAE, mediante la herramienta de comprobación de sistemas solares para suministro de ACS CHEQ4.

Una vez recogidos los datos eólicos se han tratado con el programa estadístico SPSS para crear una distribución de probabilidad de Weibull, ya que las velocidades medias del viento se comportan de esta manera. Una vez hallada esta distribución se utilizará, junto con los datos de los 4 años anteriores, para diferenciar las frecuencias de las diferentes velocidades del viento, ya que dependiendo de ellas la instalación eléctrica funcionará de un modo u otro, que se explicarán a continuación.

Con las gráficas de potencia aportadas por el fabricante la velocidad del viento que satisface la demanda energética se estima en 4.75 m/s. Esta velocidad será la velocidad límite de consumo, a partir de la cual será necesaria la ayuda de la instalación solar y las baterías.

Con los datos del viento y las estimaciones realizadas con la distribución de Weibull se expondrán 5 modos diferentes de trabajo de la instalación eléctrica. Estos 5 modos dependerán de la velocidad del viento en cada día.

- Velocidad del viento inferior a 2.5 m/s: la velocidad del viento no es suficiente para que la turbina arranque, por lo que todo el suministro eléctrico dependerá de las baterías y de la instalación solar fotovoltaica de apoyo. Según el estudio del viento la probabilidad de que ocurra es del 5.8%.
- Velocidad del viento entre 2.5 m/s y 5 m/s: la velocidad del viento es suficiente para arrancar el aerogenerador, pero no es suficiente para que este supla toda la demanda energética de la casa, por lo que se ayudará de las baterías y de la instalación solar para el correcto suministro energético. Según el estudio del viento la probabilidad de que ocurra es del 26.3%.
- Velocidad del viento entre 5 m/s y 6.5 m/s: la velocidad del viento es suficiente para que la turbina suministre por si sola toda la demanda de energía de la vivienda. Según el estudio del viento la probabilidad de que ocurra es del 17%.
- Velocidad del viento mayor que 6.6 m/s: la velocidad del viento es suficiente para que la turbina suministre por si sola toda la demanda de energía de la vivienda. Además hay un excedente energético, el cual se encargará de recargar las baterías. Según el estudio del viento la probabilidad de que ocurra es del 54%.

La tercera parte del proyecto se enfoca en la viabilidad económica del mismo. El coste de la instalación solar y eólica asciende a un total de **25,768.63 €**. El plazo de amortización estimado será de **13.5 años**. También se ha hecho un estudio económico en el cual se prescinde de las baterías, y utilizando en su lugar un grupo electrógeno auxiliar. En este caso el presupuesto final es de **15987.32 €**. El plazo de amortización sería de 8.41 años, aunque habría que añadir un aumento del presupuesto el gasto por gasolina, que aumentaría el tiempo de amortización a **15 años**. A esto hay que añadir que aumentarían las emisiones de CO₂, y uno de los objetivos de este proyecto es disminuirlas. El estudio medioambiental del proyecto estima que las emisiones de CO₂ serán reducidas en **1870 kg de CO₂** al año, por lo tanto en el periodo de vida útil de la instalación que es de entre 20 y 25 años, el total de emisiones evitadas serán de un total de **46750 kg de CO₂** en 25 años.

Abstract

Currently, the energy industry in our country and in the whole world is based and focused in fossil fuels. Little by little, renewable energies are becoming more visible in the energy sector, due in to the Kyoto Protocol in which the participating countries committed themselves to reduce the greenhouse gases for the next century.

Most of the production of renewable energies that exist in Spain are destined for the Grid energy generation. The self-consumption installations of power generation are becoming more common, and a viable option for the disconnection of the network.

The objective of this project is to achieve through the installation of an electric generation system based on a wind turbine and thermal solar the desconexión of the Spanish energy grid. The second part of the project is to see if the viability of the project is achievable and the environmental impact of the installation.

The installation will be located in San Lorenzo de El Escorial, a small town in the mountains of Madrid. Once the location is established, a study of the wind and solar radiation of the chosen area will be done to verify the viability of the installation.

The first part of the project consists of estimating the energy demand of the home, both electric energy and thermal energy for the supply of ACS. After some research the conclusion was that the estimated daily energy consumption of the house is 11025 Wh and 112 l / day of ACS at 60°C. This corresponds to an annual demand of 4025 kWh of electricity supply and 2400 kWh of thermal energy supply.

The second part of the project will focus on the design and choice of the components of each installation. The solar installation will consist in a solar collector, a storage cylinder and a DrainBack pump system that will be responsible for the automatic emptying and filling of collectors for their protection of the system. All items will be purchased from the manufacturer Roth in a solar kit. The system is required to provide at least 50% ACS. With the CHEQ4 tool, it has been proven that the solar system is capable to provide up to 62% of the DHW supply and reducing CO₂ emissions by 320 kg/year.

The power generation facility will have as its main generation method a horizontal axis wind turbine Enair E30Pro. Besides the wind turbine the electric installation will have a small solar installation to support the days in which the wind is not powerful enough for the wind turbine to supply all the energy demanded by the house.

The wind study has been carried out using data from the last 4 years, data provided by the website meteoclimatic.net, which in turn received the wind speed data at a meteorological station located inside the town. The data of the average daily solar radiation per month have been collected from the IDAE, through the solar system testing tool for ACS CHEQ4 supply.

Once the wind data have been collected, they have been treated with the statistical program SPSS to create a probability distribution of Weibull, since average wind speeds behave in this way. Once this distribution is found, it will be used, together

with the data from the previous 4 years, to differentiate the frequencies of the different wind speeds, since depending on them the electrical installation will work in one way or another, which will be explained below.

With the power graphics provided by the manufacturer, the wind speed that satisfies the energy demand is estimated at 4.75 m / s. This speed will be the limit speed of consumption, from which the help of the solar installation and the batteries will be necessary.

With the wind data and the estimations made with the Weibull distribution, 5 different work modes of the electrical installation will be exposed. These 5 modes will depend on the wind speed in each day.

- Wind speed less than 2.5 m / s: the wind speed is not enough for the turbine to start, so all the power supply will depend on the batteries and the solar photovoltaic support system. According to the study of the wind, the probability of it happening is 5.8%.
- Wind speed between 2.5 m / s and 5 m / s: the wind speed is sufficient to start the wind turbine, but it is not enough for it to supply all the energy demand of the house, so it will help with the batteries and of the solar installation for the correct energy supply. According to the study of the wind, the probability of it happening is 26.3%.
- Wind speed between 5 m / s and 6.5 m / s: the wind speed is sufficient for the turbine to supply all the energy demand of the house on its own. According to the study of the wind, the probability of it happening is 17%.
- Wind speed greater than 6.6 m / s: the wind speed is sufficient for the turbine to supply all the energy demand of the house on its own. There is also an energy surplus, which will be responsible for recharging the batteries According to the wind study the probability of occurrence is 54%.

The third part of the project focuses on its economic viability. The cost of the solar and wind installation is a total of € 25,768.63. The estimated amortization time will be 13.5 years. An economic study has also been made in which the installation doesn't use batteries, and an auxiliary generator set is used instead. In this case, the final budget is 15,987.32 €. The amortization period would be 8.41 years, although an increase in the budget would have to be added to the expense for gasoline, which would increase the amortization time to 15 years. To this we must add that it would increase CO₂ emissions, and one of the main objectives of this project is to reduce them. The environmental study of the project estimates that CO₂ emissions will be reduced by 1870 kg of CO₂ per year. Also, if the installation has an average lifespan between 20 and 25 years, the total avoided emissions will be a total of 46750 kg of CO₂ in 25 years.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

Instalación solar térmica y aerogenerador para autoconsumo

Autor: Juan Antolín Tello del Rosal

Director: Luis Javier Mata García

Contenido

1. Índices de figuras y tablas.....	5
2. Memoria Descriptiva.....	11
2.1 Introducción.....	12
2.2 Antecedentes.....	14
2.2.1 Energía eólica.....	14
2.2.2 Energía solar	18
2.3 Objetivos del proyecto	19
2.4 Alcance del proyecto	20
2.5 Requisitos del diseño:.....	22
2.6 Análisis de soluciones	25
2.6.1 Localización y dimensionado de la vivienda	25
2.7 Instalación solar térmica	28
2.7.1 Descripción	28
2.7.2 Herramienta CHEQ4	30
2.7.3 Sistema de captación	37
2.7.4 Sistema de acumulación e intercambiador	40
2.7.5 Grupo hidráulico y sistema Drainback.....	42
2.7.6 Sistema de regulación	45
2.8 Instalación eléctrica.....	48
2.8.1 Turbina.....	50
2.8.2 Controlador/Regulador	59
2.8.3 Instalación solar	60
2.8.4 Baterías	62
2.8.5 Inversores	64
2.8.6 Torre del aerogenerador	66
2.8.7 Grupo electrógeno auxiliar	67
2.8.9 Cableado	67
2.8.10 Protecciones	69

2.8.11 Puesta a tierra	69
2.9 Modos de consumo.	70
2.10 Planificación.....	73
3. Anexos.....	75
3.1 Cálculos.....	76
3.1.1 Cálculos instalación solar térmica	76
3.1.2 Cálculos eólicos.....	89
3.1.3 Cálculos solares fotovoltaicos	112
4. Pliegos.....	115
4.1 Objeto del pliego	116
4.2 Condiciones generales	116
4.2.1 Normativa utilizada	116
4.2.2 Responsabilidades	119
4.3 Condiciones técnicas	119
4.3.1 Componentes y Materiales.	119
4.3.4 Montaje de la instalación	124
4.3.5 Pintado.....	126
4.3.6 Lubricación.....	126
4.3.7 Puesta en marcha	126
4.3.8 Mantenimiento.....	127
4.4 Presupuesto y viabilidad económica	133
4.5 Repercusión medioambiental	136
4.6 Mediciones	137
5. Planos.....	139
6. Apéndices.....	147
6.1 Datos históricos del viento.	148
6.2 Esquemas de la instalación:.....	179
6.3 Bibliografía.....	181

Índices de figuras y tablas

Índice de Figuras

Figura 1. Porcentaje de fuentes de energía mundial 2014.

Figura 2. Esquema de torre eólica

Figura 3. Tipo de turbina en función de la dirección del viento.

Figura 4. Tipos de turbina en función del número de palas.

Figura 5. Hélice Darrieus

Figura 6. Hélices Savonius

Figura 7. Localización de la instalación.

Figura 8. Localización de la vivienda (2).

Figura 9. Rosa de los vientos

Figura 10. Esquema de la instalación solar

Figura 11. Localización de la vivienda en CHEQ4

Figura 12. Configuración de la instalación en CHEQ4

Figura 13. Demanda de la vivienda en CHQ4

Figura 14. Elección de captadores en CHEQ4

Figura 15. Otros parámetros en CHEQ4

Figura 16. Resultados del análisis de CHEQ4

Figura 17. Captadores solares Roth

Figura 18. Rendimiento de los captadores en función del gradiente de temperatura

Figura 19. Interacumulador vitrificado Roth

Figura 20. Curvas de la bomba impulsora YONOS

Figura 21. Bomba impulsora YONOS

Figura 22. Sistema DrainBack

Figura 23. Esquema de la instalación eléctrica

Figura 24. Curva de potencia de la turbina E30Pro

Figura 25. Gráfica de generación de energía anual de la turbina E30Pro

Figura 26. Generación diaria de la turbina respecto del viento.

Figura 27. Dimensiones de la turbina Enair E30Pro

Figura 28. Tabla de Beaufort.

Figura 28. Controlador de carga RCE-ENAIR-120.

Figura 29. paneles solares TaleSun

Figura 30. Baterías OPzS800

Figura 31. Inversor cargador Must Solar

Figura 32. Torre del aerogenerador.

Figura 33. Generador auxiliar Genergy Aneto

Figura 34. cableado solar.

Figura 36. Cableado eólico

Figura 37. Tabla 4.4 del HE4-CTE. Radiación solar anual media diaria

Figura 38. Zonas solares de España.

Figura 39. Zonas solares de Madrid

Figura 40. Radiación solar media diaria en función del mes

Figura 41. Demandas de ACS en función del tipo de consumo

Figura 42. Tabla 2.1 del HE4-CTE. Contribución solar mínima anual de ACS

Figura 43. Gráfica de la demanda energética

Figura 44. Representación de los ángulos de azimuth e inclinación

Figura 45. Tabla 2.3 del HE4-CTE. Límite de pérdidas por inclinación

Figura 46. Porcentaje de captación en función de los ángulos de azimuth e inclinación

Figura 47. Distribución del viento año 2015

Figura 48. Distribución del viento año 2016

Figura 49. Distribución del viento año 2017

Figura 50. Distribución del viento año 2018

Figura 47. Zonas de Iso distintos valores básicos de la velocidad del viento

Figura 48. Esquema para el cálculo de cimentación

Figura 49. Radiación solar en kWh/día

Figura 50. Clase de viento según la velocidad media.

Figura 51. Frecuencia del mantenimiento de la turbina.

Figura 52. Mantenimiento sistema de captación

Figura 53. Mantenimiento sistema de acumulación

Figura 54. Sistema de Intercambio

Figura 55 Mantenimiento sistema hidráulico

Figura 56. Mantenimiento sistema eléctrico y de control

Índices de tablas

Tabla 1. Tiempos de consumo de la vivienda.

Tabla 2. Lista de potencias de los electrodomésticos de la vivienda

Tabla 3. Consumo anual y diario de la vivienda

Tabla 4. Características del captador Roth

Tabla 5. Características del interacumulador Roth

Tabla 6. Características de la bomba impulsora YONOS

Tabla 7. Características del regulador solar

Tabla 8. Características del aerogenerador Enair E30Pro

Tabla 9. Generación energética diaria y anual en función del viento.

Tabla 11. Parámetros de la distribución de Weibull.

Tabla 12. Frecuencias de casos de Beaufort

Tabla 13. Características del regulador eólico

Tabla 14. Datos de la batería OPzS para un día de autonomía

Tabla 15. Datos de la batería 6OpzS600

Tabla 16. Datos técnicos del inversor

Tabla 17. Días con V menor a 5m/s

Tabla 18. Valores de los parámetros de Weibull

Tabla 19. Datos medios diarios de radiación solar mensual y de temperatura del agua y ambiente.

Tabla 20. Demanda energética mensual

Tabla 21. Demanda energética de ACS de la vivienda

Tabla 22. Energía captada por los captadores solares.

Tabla 23. Velocidades medias por mes

Tabla 24. Velocidades medias por estación

Tabla 25. Velocidad media por año

Tabla 26. Parámetros de la distribución de Weibull

Tabla 27. Datos finales del estudio eólico

Tabla 28. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2015

Tabla 29. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2016

Tabla 30. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2017

Tabla 31. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2018

Tabla 32. Porcentaje de días con menos de 2.5 m/s de viento

Tabla 33. Porcentaje de días con menos de 5 m/s de media de viento

Tabla 34. Valores de Kz en función de m

Tabla 35. Coeficientes de fuerza Cf. Fuente: CTE

Tabla 36. Horas de sol diarias por mes.

Tabla 37. Potencia solar diaria por m²

Tabla 38. Diámetro del aislante en tuberías de ACS

Tabla 39. Costes totales de la instalación

Tabla 40. Coste total de la instalación sin baterías

Tabla 41. Reducción de emisiones de CO2 por consumo eléctrico

Tabla 42. Reducción de emisiones de CO2 por consumo de gas

Tabla 43. Reducción total de emisiones de CO2 debido a la instalación

Memoria Descriptiva

2.1 Introducción

La generación de energía para el consumo humano siempre ha sido uno de las mayores inquietudes para el hombre, ya que desde la edad antigua se ha intentado utilizar diferentes fuentes de energía para el desarrollo de la sociedad y su bienestar. Desde pequeños molinos de agua para moler grano hasta las grandes centrales nucleares que generan la energía que utilizamos para vivir, la generación de energía ha estado en constante evolución. Tras la segunda revolución industrial, la necesidad del aumento de la producción energética debido al aumento de la población y la necesidad de electricidad en las grandes ciudades impulsaron el consumo masivo de combustibles fósiles.

Durante todo el siglo XX se ha seguido con esta tendencia, siendo las principales fuentes de suministro de energía el carbón, gas natural, petróleo y la energía nuclear. El continuo uso de estas energías convencionales a lo largo de todo el siglo desencadenó un aumento en la contaminación que llegó a niveles alarmantes. Tanto la gran cantidad de contaminantes (NO_2 , SO_2 , partículas sólidas), el deterioro de la capa de ozono y el crecimiento de los gases de efecto invernadero llevaron en el año 1997 a la firma del Protocolo de Kioto del UNFCCC (Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU). Su vigencia se estipuló el 16 de febrero de 2005, y su principal objetivo es la reducción de los seis gases de efecto invernadero generados por el hombre: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y óxido nitroso (N_2O).

Actualmente siguen siendo la principal fuente de energía. Un 81% de la generación energética en el año 2017 fue a base de combustibles fósiles, de los cuales el petróleo fue un 31% y el carbón un 28,6%.

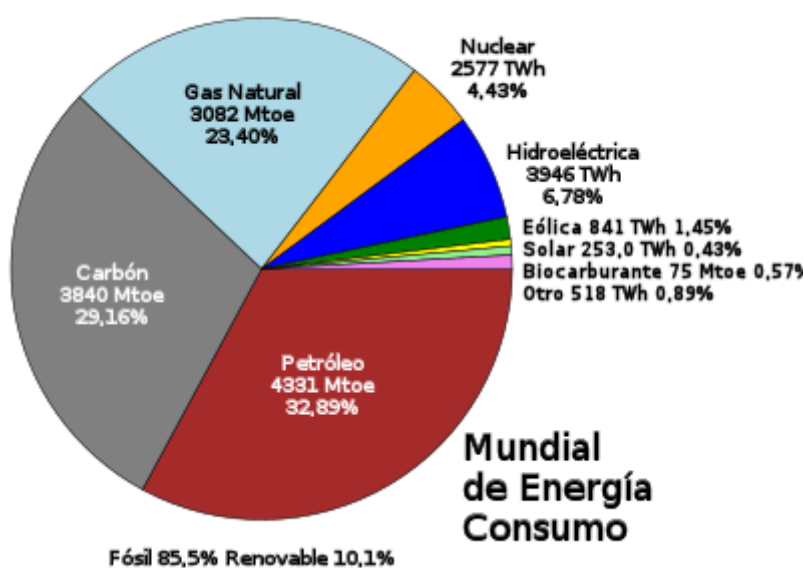


Figura 1. Porcentaje de fuentes de energía mundial 2014.

Por eso la necesidad de implementar un cambio en la generación de energía es tan importante. Este cambio hacia una generación centrada en las energías renovables debe ser lento y gradual.

Con este proyecto se busca exactamente eso, un distanciamiento de las energías fósiles y dar visibilidad a la producción de energía mediante fuentes renovables. El implementar y fomentar el uso diario de estas energías debe ser una tarea común para conseguir una mejor calidad de vida.

2.2 Antecedentes

2.2.1 Energía eólica

La energía eólica consiste en la generación de energía a partir de la fuerza del viento. Es una energía renovable, ya que no consume ningún combustible fósil para generar energía y además es una energía limpia, ya que no contamina ni se producen deshechos.

Durante gran parte de la historia ser humano se ha recogido esta energía y se ha utilizado para diversos usos. Desde que el ser humano comenzó a utilizar velas en los barcos para navegar ya consiguieron utilizar la energía proveniente del viento. Poco a poco, a lo largo de los siglos se fueron creando maquinas capaces de utilizar la energía del viento para el uso humano. Uno de los más conocidos fue el molino de viento, capaz de recoger su energía y transformarla en energía mecánica para distintos usos, como moler grano para la creación de harina o mover los telares antes de la revolución industrial. Otro uso que se les dio fue utilizar molinos de viento para alimentar bombas de agua en Australia, y en Holanda se utilizaron para secar los pólders.

Poco a poco la mejora de la tecnología y la revolución industrial mejoraron estos sistemas y con la aparición de la electricidad se pensó en utilizarlos como recurso de generación eléctrica. En 1887, el profesor James Blyth en Glasgow, Escocia, construyo el primer molino de viento capaz de generar electricidad.

Con el paso del tiempo y el aumento de las necesidades energéticas, la utilización de aerogeneradores fue en aumento, y después de la tercera revolución industrial y los acuerdos para la reducción del efecto invernadero y de los contaminantes, la producción y la construcción de parques eólicos ha aumentado en gran medida en la última década.

La generación eólica se ha consumado como una de las tres fuentes de energía renovable en el mundo, y su implementación aumenta año a año a nivel global.

Como se ha indicado antes, la generación eólica recoge la energía del viento, y mediante una turbina se recoge esa energía cinética y se transforma en energía mecánica para más adelante, con un generador eléctrico, aprovechar esa energía y utilizarla en nuestros hogares.

Los elementos que conforman un generador eólico son:

- Turbina: Elemento que recibe la energía del viento y la transforma en energía mecánica. Más Adelante se hablará en detalle de los diferentes tipos de turbinas que existen.
- Generador: recibe la energía de la turbine y la transforma en energía eléctrica para el consumo.
- Góndola: localizada en lo alto de la torre contiene al generador y a la multiplicadora, además de los diferentes sistemas de control y frenado de la

turbina para evitar daños.

- Estructura/torre: Soporte con forma de torre que tiene en su extremo a la góndola. La calidad del viento mejora con la altura, por lo que la torre se convierte en un elemento importante en la instalación.

Esquema de un aerogenerador

1. Cimientos
2. Conexión a la red eléctrica
3. Torre
4. Escalera de acceso
5. Sistema de orientación
6. Góndola
7. Generador
8. Anemómetro
9. Freno
10. Transmisión
11. Pala
12. Inclinação de la pala
13. Bujes del rotor

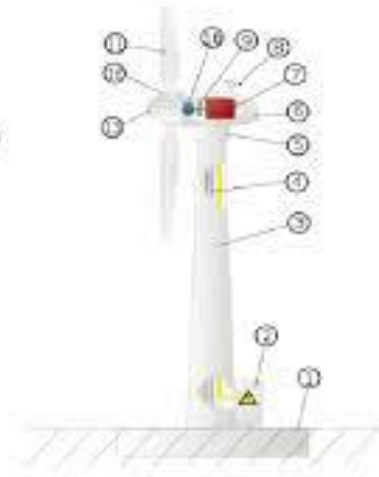


Figura 2. Esquema de torre eólica

Las turbinas eólicas son la parte fundamental de un aerogenerador. Es la que recibe la energía del viento y la que transforma esa energía para poder utilizarla. Cuanto mejor sea esa turbina, mejor será la eficiencia del aerogenerador, siendo 59.3% el rendimiento máximo de cualquier turbina debido al Límite de Bet.

Hay varios tipos de turbinas, y se pueden dividir de varias formas. La principal división que se hace es dependiendo de cómo sea su eje. En este sentido se dividen en dos tipos, turbinas de **eje horizontal**, y turbinas de **eje vertical**.

-Turbinas de eje horizontal:

Las turbinas eólicas de eje horizontal son las más utilizadas en la industria eólica. Deben su nombre a que el eje en el cual se colocan las aspas está posicionado paralelo al suelo. Hay varios tipos de turbinas de eje horizontal, de 1, 2, 3 o de 5 aspas, aunque lo más común y eficiente son de 3 aspas separadas a 120° cada una. Hay dos formas de funcionamiento, a barlovento y a sotavento.

Las ventajas de estas turbinas son que, al ser las más comunes, en caso de que surgiera cualquier problema con ellas, sería más fácil de solucionar. Otra ventaja es que, a rasgos generales, son capaces de generar más energía. Los principales inconvenientes son que suelen ser más pesadas, creando más problemas estructurales, y que su funcionamiento en vientos turbulentos es peor que las turbinas de eje vertical. A esto se suma que deben ser alineadas con el viento, creando así la necesidad de un sistema de control de la posición.

A continuación se muestran una serie de fotografías de diferentes tipos de turbinas de eje horizontal:

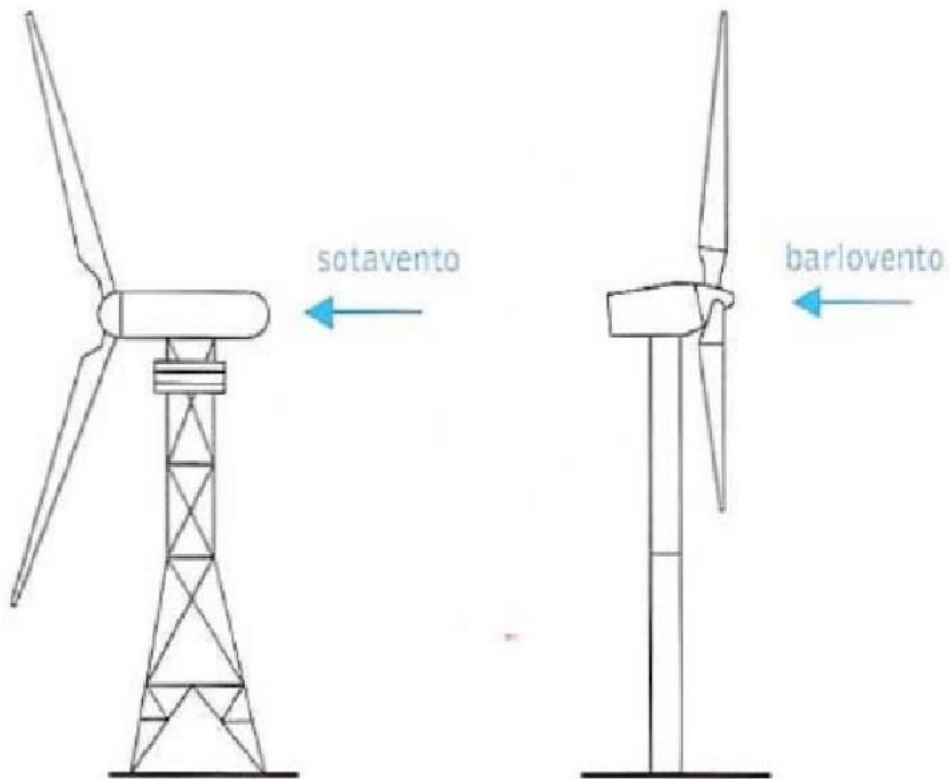


Figura 3. Tipo de turbina en función de la dirección del viento.

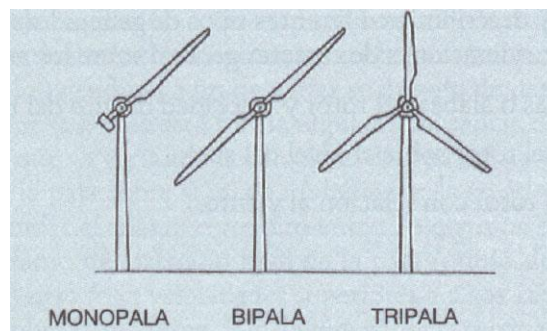


Figura 4. Tipos de turbina en función del número de palas.

-Turbinas de eje vertical:

Las turbinas de eje vertical son menos utilizadas que las de eje horizontal. Su eje es perpendicular al suelo, y las aspas están directamente acopladas al mástil. Se suelen utilizar regularmente en proyectos de menor envergadura, ya que la capacidad de generación eléctrica de estas turbinas es inferior a las de eje horizontal. Sin embargo una cualidad que las hace idóneas para ser implementadas en instalaciones de viviendas de autoconsumo es que pueden recibir el viento desde cualquier lado.

Dentro de las turbinas de eje vertical se puede distinguir entre varios tipos según la forma de sus palas. Las turbinas **Savonius** son turbinas de grandes aspas convexas unidas de punta a punta del eje. Inventadas en 1922 fueron las primeras palas usadas para turbinas de eje vertical. El otro tipo de palas son las palas **Darrieus**, las cuales están colocadas a lo largo del eje de perfil biconvexo. Últimamente se están desarrollando turbinas de eje vertical híbridas, con hélices de ambos tipos, como la turbina Etneo DS3000.



Figura 5. Hélice Darrieus



Figura 6. Hélices Savonius

2.2.2 Energía solar

Al igual que la energía eólica, la energía solar poco a poco se va haciendo más notable y va ganando más terreno a las energías convencionales cada año que pasa. Siendo el sol una fuente de recursos inagotable y limpia, la energía solar es, junto con la energía eólica, una buena solución al problema energético actual, y a la contaminación.

Esta energía se basa en recibir la radiación solar y, dependiendo del tipo de captación, transformarla en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico en las células fotovoltaicas, o transformarla en energía térmica mediante los captadores térmicos solares.

Las células fotovoltaicas se basan en el efecto fotoeléctrico, el cual consiste en que si se incide radiación electromagnética a una superficie semiconductora, los electrones que se encuentran en dicha superficie reciben esa energía incidente del sol y saltan de la capa de valencia a la capa de conducción, liberándose así de su átomo para poder fluir libremente y generar así corriente eléctrica.

Los captadores térmicos se basan en dos principios, el efecto invernadero y los tubos de vacío. De este modo reciben la radiación solar y la encierran dentro de los tubos, aumentando la temperatura de estos y transmitiendo así la energía térmica a un fluido para su transporte.

Ambos tipos de generación por medio de la energía solar son muy comunes en las viviendas de autoconsumo, consiguiendo así una reducción de la factura de la luz y del gas, al mismo tiempo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero al no utilizar energía generada por medios convencionales. Por lo tanto son una gran alternativa para la generación de energía autónoma.

2.3 Objetivos del proyecto

La finalidad del proyecto es diseñar y estudiar la viabilidad de la instalación de un aerogenerador de baja potencia y un sistema de energía solar térmica de baja temperatura para autoconsumo. Su implementación se hará en una vivienda unifamiliar, localizada en la sierra de Guadarrama, concretamente en San Lorenzo del Escorial, Madrid. Para ello se estudiará la calidad del viento, calculando así la potencia máxima del rotor, además de los mecanismos necesarios para su instalación. También se estudiará la calidad del sol en la zona para dimensionar el sistema de energía solar térmica de baja temperatura, que dará apoyo a instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria. Este proyecto pretende conseguir la completa desconexión de la red eléctrica y disminuir en gran medida la contaminación generada por el consumo de energía.

La primera parte del proyecto consiste en la instalación del sistema de generación de energía eléctrica para hacer de la casa una vivienda eléctricamente autosuficiente. La base de esta energía será la energía eólica, poco presente en España, y mediante todos sus componentes (turbina, baterías, cableado, inversores, generador auxiliar, etc) conseguir que la vivienda sea completamente independiente de la red eléctrica. Más adelante se optó por añadir generación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica para suplir la demanda de la vivienda los días en los cuales la turbina eólica y las baterías no fuesen capaces de abastecer en toda su necesidad la energía de la vivienda. Así, el suministro de energía eléctrica se conseguirá a través de un sistema híbrido, una mezcla de energía solar y eólica, consiguiendo así una autonomía de la Red Eléctrica Española.

Un dato a tener en cuenta es que, al suministra el 100% de la energía eléctrica mediante la turbina eólica y las placas solares fotovoltaicas, las emisiones de contaminantes como el CO₂ y NO₂ generadas por las plantas energéticas desaparecen. Con esto se consigue un ahorro medioambiental cuantificable, ya que cada kilovatio hora de energía producida mediante las fuentes de energía convencionales suministra a la atmosfera 0.5 kg de CO₂. También cabe destacar que cada kilovatio generado de forma autónoma supone un ahorro de 0.111€ en la factura final de la casa, dato importante ya que un objetivo esencial de este proyecto es la viabilidad económica del mismo.

La segunda parte del proyecto consistirá en la instalación de un sistema solar térmico de baja temperatura para ACS. Se instalarán los elementos necesarios (captadores solares, sistema de distribución, almacenamiento, intercambiadores, sistema de apoyo, etc) para el suministro completo de agua caliente para la vivienda, teniendo en cuenta las normativas impuestas por el gobierno. Esta instalación estará diseñada acorde al documento HE4-CTE, el cual indica la contribución mínima de ACS para consumo de viviendas. Con ello se busca disminuir la necesidad de energía eléctrica para el calentamiento del agua sanitaria. Esto es un gran añadido, ya que la energía eléctrica de la vivienda será suministrada a partir de energías renovables.

El objetivo final del proyecto es buscar una solución limpia y viable al suministro energético de una vivienda unifamiliar de 4 personas. Este proyecto tendrá a parte un impacto social, ayudando a promover y potenciar las energías renovables de autoconsumo como una fuente de energía viable capaz de sustituir a las instalaciones tradicionales.

2.4 Alcance del proyecto:

El proyecto consistirá en la instalación de un sistema de generación de energía eléctrica, cuya base será la energía eólica, en San Lorenzo del Escorial para una vivienda autosuficiente. A esta instalación se le añadirá una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de ACS.

Para que la vivienda no necesite estar conectada a la red eléctrica se instalará, junto al sistema eólico, un sistema de generación de energía solar fotovoltaica como apoyo al suministro eléctrico. El 75% de la instalación será suministrado mediante la turbina eólica y el otro 25% se suministrará mediante la energía solar fotovoltaica.

Este sistema operará en cinco modos energéticos distintos, dependiendo de la demanda energética de la vivienda en cada momento, al igual que la generación por parte del aerogenerador. En los casos **1, 2 y 3** el sistema únicamente operará con la energía suministrada por la turbina y las placas solares, mientras que en los casos **4** será un suministro híbrido entre los elementos generadores y las baterías y en el caso **5** solamente suministrarán energía las baterías.

1 Consumo de la vivienda: durante los momentos de mayor demanda energética toda la potencia eólica y solar será destinada al suministro energético de la vivienda. También se aplicará este estado si la velocidad del viento no es óptima y en días completamente nublados.),

2 Consumo y carga: cuando la demanda energética no sea excesiva y la velocidad del viento es suficientemente alta, la energía generada por el aerogenerador será utilizada para cargar las baterías mientras se abastece la demanda energética de la vivienda)

3 Solo carga de baterías: en periodos donde no haya demanda energética por parte de la vivienda, toda la potencia generada por el aerogenerador se utilizará para la carga de las baterías.), el sistema solo utiliza potencia eólica

4 funciona de forma híbrida: cuando la velocidad del viento no sea la suficiente como para abastecer la demanda de energía de la vivienda, las baterías entraran en modo generación para conseguir aportar la diferencia de energía necesaria

5 solamente baterías: cuando la velocidad del viento no sea la suficiente para generar potencia eléctrica, toda la demanda energética será abastecida por medio de las baterías).

Con respecto a la instalación solar térmica para ACS el objetivo es conseguir suministrar al menos un 50% de suministro de ACS aportado mediante la energía solar, cantidad mínima exigida por el HE4-CTE. Para ello se incluirá en la instalación los captadores necesarios para suplir esa demanda, al igual que un acumulador con intercambiador de serpentín incluido. Para el funcionamiento del sistema hidráulico se optará por la implementación de un sistema DrainBack. Este sistema sirve para el vaciado de los captadores en momentos de no utilización o de posible daño a la instalación, evitando así posibles imperfecciones y no hay necesidad de disipar excedentes energéticos, ya que al no haber fluido caloportador en los captadores, no hay dichos excesos.

2.5 Requisitos del diseño:

El diseño de ambas instalaciones, tanto la solar térmica como la instalación eléctrica de aerogenerador, deben dimensionarse dependiendo de los diferentes requisitos de la vivienda, y siguiendo las diferentes normativas y reglamentos expuestos con antelación.

Las instalaciones se diseñarán para una vivienda unifamiliar. Esta vivienda albergará a 4 personas y será utilizada en un principio todos los días del año. Se trata de una casa de dos alturas, 3 habitaciones, 2 baños completos, un aseo, salón y cocina. Tendrá una altura total de 7 metros. La demanda de ACS será suplida por el sistema solar térmico de baja temperatura y se calculará en función de los distintos parámetros expuestos en el CTE-HE4 y la demanda de electricidad por el sistema híbrido de aerogenerador más las placas solares fotovoltaicas.

A continuación se estudiará en detalle la demanda energética de la vivienda. Se expondrán los diferentes equipos consumidores de energía eléctrica y la cantidad de tiempo en minutos que están consumiendo cada día. Estos consumos son los consumos medios estimados de la vivienda a lo largo del año. Se espera que haya días de mayor actividad y días en los cuales este consumo sea mucho más inferior. Este hecho hace que el diseño de la instalación de generación energética sea flexible y se adapta a las necesidades de la casa. Cabe destacar que no se ha incluido el cálculo de la caldera, ya que se utilizara una caldera de apoyo alimentada con gas natural. Se estima que al menos el 60% del suministro de ACS sea suplido por el sistema solar térmico. La potencia y el gasto de energía de los electrodomésticos son los valores medios de dichos electrodomésticos en el mercado.

En la siguiente tabla se detalla el tiempo de consumo de los diferentes electrodomésticos de la vivienda. Aquí se muestra la estimación del tiempo de consumo de cada electrodoméstico.

Electrodoméstico	Unidades	8h-12h	12h-16h	16h-20h	20h-00h	00h-4h	4h-8h	Total (min)
Alumbrado(bombillas)	16	10	0	60	120	40	0	230
Frigorífico	1	240	240	240	240	240	240	1440
Lavadora	1			90				90
Lavavajillas	1				60			60
Televisión	2			100	50			150
Ordenador	2			100	40			140
Vitrocerámica	1		40		40			80
Bomba solar	1	240	240	240				720
Microondas	1	20		10	20			50
Horno	1			60				60
Otros electrodomesticos pequeños	8	20			20	10	20	70

Tabla 1. Tiempos de consumo de las vivienda.

En la siguiente tabla se muestran estos mismos electrodomésticos con sus rangos de potencia:

Electrodomestico	Unidades	Consumo(W)	Consumo total(W)
Alumbrado(bombillas)	x16	20	320
Frigorífico	x1	30	200
Lavadora	x1	500	500
Lavavajillas	x1	1000	1000
Televisión	x2	90	180
Ordenador	x2	250	500
Vitrocerámica	x1	1000	2000
Bomba solar	x1	75	75
Microondas	x1	1000	1000
Horno	x1	1000	1000
Otros electrodomesticos pequeños	x8	200	1600
Consumo total			8375

Tabla 2. Lista de potencias de los electrodomésticos de la vivienda.

A partir de esta información es posible calcular de forma aproximada los consumos diarios, mensuales y anuales de cada electrodoméstico. Una vez calculados dichos consumos se sumarán y se calculará el total anual mensual y diario, los cuales se utilizarán para el diseño y la elección de los diferentes elementos de la instalación eólica y solar fotovoltaica.

En la siguiente tabla se muestra la información del consumo energético de la casa:

Electrodomestico	Unidades	Potencia(W)	Uso Diario(min)	Consumo Dia(Wh)	Consumo mes(wh)	Consumo Anual(kwh)
Alumbrado(bombillas)	16	20	230	1226.67	36800	447.73
Frigorífico	1	30	1440	720.00	21600	262.80
Lavadora	1	500	90	750.00	22500	273.75
Lavavajillas	1	1000	60	1000.00	30000	365.00
Televisión	2	90	150	225.00	6750	82.13
Ordenador	2	250	140	1166.67	35000	425.83
Vitrocerámica	1	1000	80	1333.33	40000	486.67
Bomba solar	1	75	720	900.00	27000	328.50
Microondas	1	1000	50	833.33	25000	304.17
Horno	1	1000	60	1000.00	30000	365.00
Otros electrodomesticos pequeños	8	200	70	1866.67	56000	681.33
Total		8375		11021.67	330650	4022.91

Tabla 3. Consumo anual y diario de la vivienda.

La potencia total de la vivienda es de 8375 W, el consumo energético diario medio es 10960 Wh/día, el consumo energético mensual medio es 310400 Wh/mes y el consumo energético anual medio es 4022 kWh/año. Se tomará como dato de diseño el consumo energético diario medio, ya que a partir de este se establecerán los diferentes modos de operación del sistema eléctrico y el diseño y elección del aerogenerador y de la instalación solar fotovoltaica.

2.6 Análisis de soluciones

2.6.1 Localización y dimensionado de la vivienda

Localización

La instalación solar y eólica será implementada en una vivienda unifamiliar para 4 personas localizada en la sierra de Madrid, exactamente en la localidad de San Lorenzo de El Escorial.

Las coordenadas del emplazamiento son: 40.601035 Norte , -4.139158 Oeste.

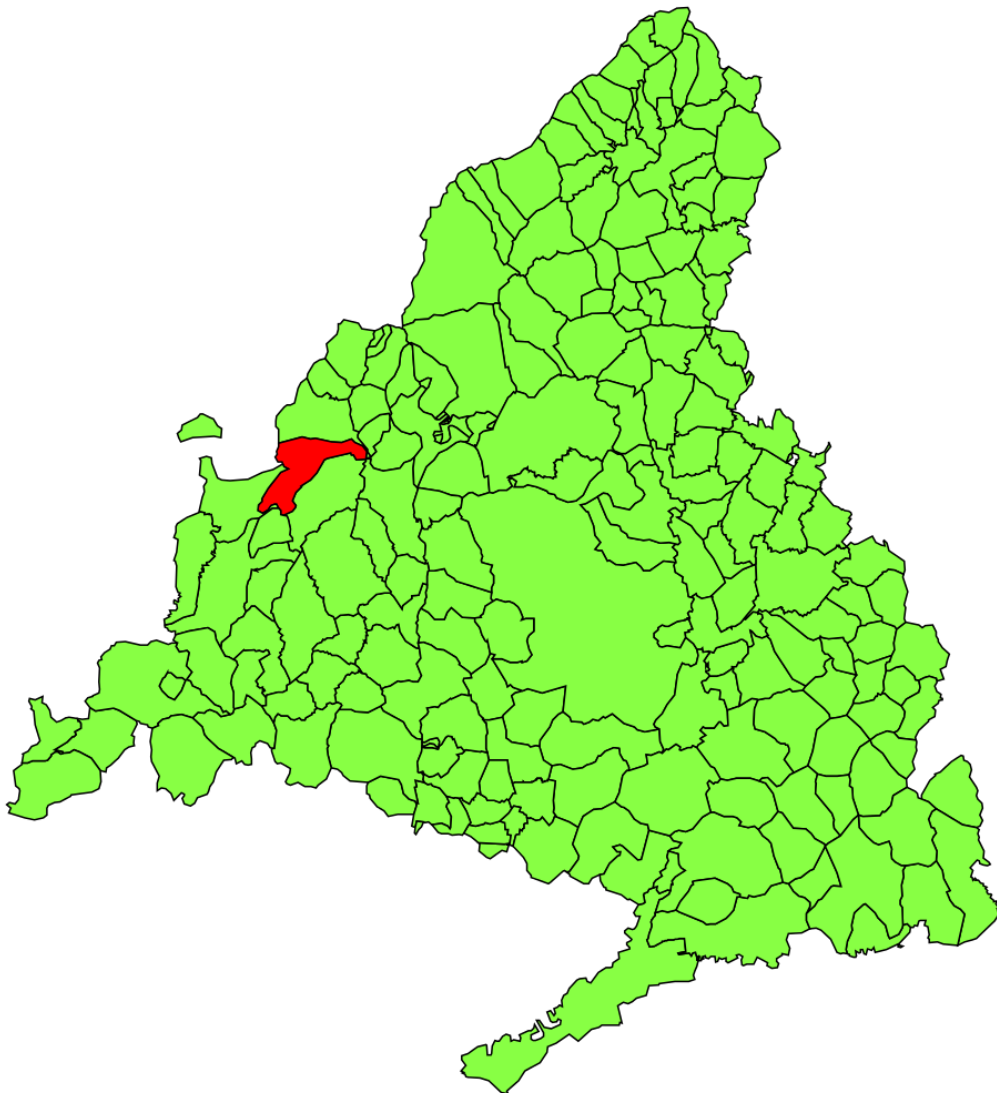


Figura 7. Localización de la instalación.

El lugar exacto dentro de la localidad será una parcela alejada del centro de esta, por lo que la calidad del viento será mejor por la escasez de viviendas colindantes. También se ha elegido esta localización al estar en una posición más elevada que el resto de la localidad, mejorando de nuevo la calidad del viento. La torre del aerogenerador se colocará en un extremo de la finca para evitar pérdidas de potencia por turbulencias creadas por los árboles o por la vivienda.



Figura 8. Localización de la vivienda (2).

La elección del lugar del aerogenerador se hará teniendo en cuenta la orografía de la finca, la dirección del viento y los obstáculos de los alrededores. Para la observación de las diferentes direcciones del viento se ha utilizado una rosa de los vientos en la localidad de la vivienda, San Lorenzo de El Escorial.

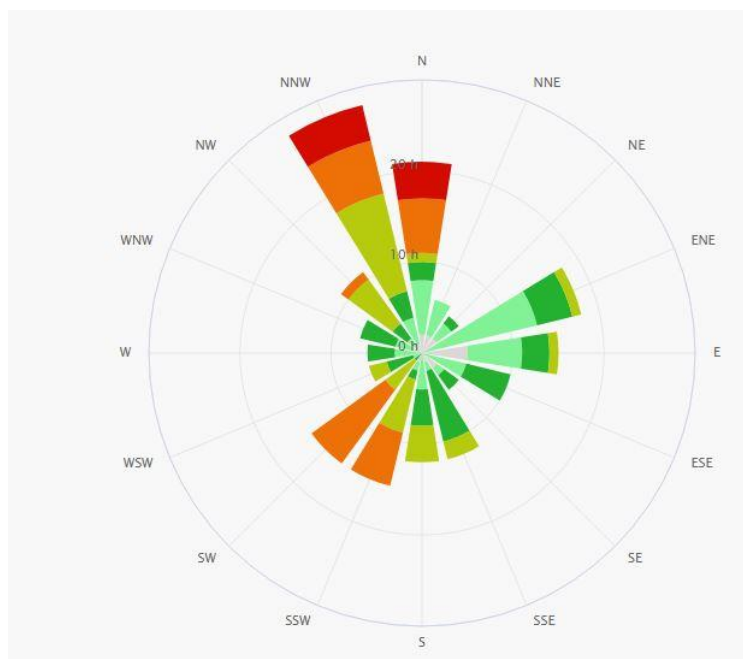


Figura 9. Rosa de los vientos

Se puede observar claramente que los vientos con mayor fuerza, y con mayor probabilidad de que se originen son desde el norte en dirección nornoroeste y Norte. Por lo tanto teniendo en cuenta este hecho la turbina se colocará al norte de la vivienda.

Con respecto a la instalación solar la vivienda estará orientada al sur, con una desviación de entre 10º y 20º con respecto al eje norte/sur. Así la instalación solar, tanto la solar térmica de baja temperatura como la solar fotovoltaica, se podrá localizar en el tejado de la vivienda, dejando así más espacio libre en el resto de la finca para otros usos.

2.7 Instalación solar térmica

2.7.1 Descripción

El principal objetivo de este proyecto es conseguir una vivienda energéticamente autosuficiente. Para ello se dispondrá de dos instalaciones diferenciadas. Una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de ACS (agua caliente sanitaria) y una instalación eléctrica hibrida, que funcionará mediante un aerogenerador y una pequeña instalación solar fotovoltaica. Los detalles de la instalación de generación eléctrica se explican en detalle en su correspondiente apartado. A continuación se expondrá el estudio de la instalación solar térmica de baja temperatura encargada del calentamiento del agua sanitaria.

La demanda energética es un elemento importante al diseñar una nueva vivienda, y ha llevado a la búsqueda de nuevas formas de conseguir disminuir el gasto energético y aumentar el rendimiento de dicha vivienda. Actualmente las principales fuentes energéticas para el calentamiento de ACS y calefacción son combustibles fósiles como el gasóleo o el gas natural, o calderas eléctricas, que indirectamente utilizan dichos combustibles (un 80% de la generación de energía eléctrica hoy día es a partir de combustibles fósiles)..Una buena solución que ayude a mejorar el medio ambiente y sirva para concienciar al resto de la gente es utilizar una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de ACS. Gracias a esta instalación se puede llegar a conseguir un ahorro del 60% en el suministro de ACS y una disminución de la factura eléctrica, al igual que una disminución de la creación de gases efecto invernadero como el CO₂.

La instalación solar contará con los siguientes elementos:

- Captadores solares
- Sistema hidráulico
- Interacumulador
- Intercambiador
- Sistema DrainBack con bomba incorporada

Estos serán los elementos que conformen en su totalidad la instalación solar térmica:

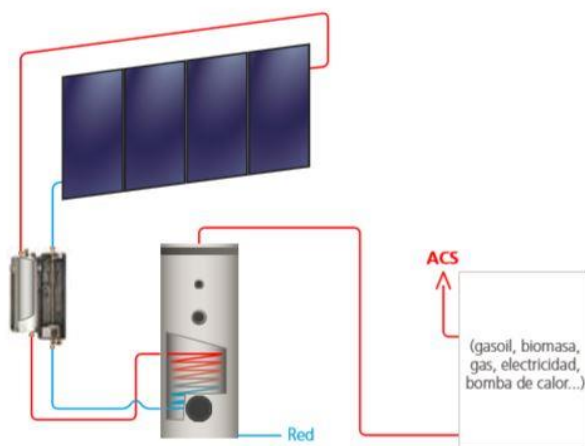


Figura 10. Esquema de la instalación solar.

Para el proceso de cálculo de datos se ha seguido el documento HE, en especial el HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. En este documento se estipulan todas las indicaciones, restricciones y cálculos para la correcta realización del dimensionado de una instalación solar térmica para el uso de ACS. Este documento pertenece al Ministerio de Fomento y también cumple las distintas normativas indicadas por el RITE.

2.7.2 Herramienta CHEQ4

Para la comprobación del diseño se utilizará la herramienta CHEQ4. CHEQ4 es una herramienta gratuita destinada a validar el cumplimiento de la contribución solar mínima para ACS en instalaciones solares térmicas. Esta herramienta trabaja conforme a la sección HE4-CTE, la cual se ha utilizado para el diseño de la instalación. Gracias a esta herramienta el IDEA ofrece a todos los implicados en el diseño y montaje de la instalación solar térmica una manera sencilla y rápida de comprobar el correcto dimensionado y diseño de la instalación.

Esta herramienta está diseñada por AIGUASOL. CHEQ4 basa su metodología de cálculo en MetaSol. MetaSol es una metodología para el cálculo de la contribución de ACS mínima en instalaciones solares térmicas. Este método combina la sencillez y rapidez de métodos estáticos como F-Chart y la precisión de programas como TRANSOL. Los cálculos se obtienen de curvas tomadas a partir de los datos obtenidos por más de 60.000 simulaciones e iteraciones. Los datos que se utilizan deben ser actualizados a la versión más actual, ya que si no, el resultado de la comprobación no será verídica y, por lo tanto, no se podrá tener en cuenta los resultados para el buen funcionamiento y verificación de la instalación.

Cabe destacar que este programa no es un programa de diseño, sino una herramienta para la comprobación y la verificación del diseño. CHEQ4 sólo comprueba las dimensiones y características del diseño en función a los requisitos establecidos en el documento HE4-CTE.

El funcionamiento de este programa es bastante sencillo e intuitivo. Consta de varias pestañas, cada una de ellas dedicada a una parte de la instalación, o del proceso del diseño. La última ventana es la ventana de resultados la cual muestra los resultados finales del análisis del diseño de la instalación.

A continuación se explica con algo más en detalle cada elemento del programa:

El programa CHEQ4 se compone de 6 pestañas de trabajo diferentes.

1-Localización

CHEQ4

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

Provincia: Municipio: Zona climática: Zona IV Latitud: 40° 35'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 1052

Altura de la instalación (m):

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	8.2	5.4	2.2
Febrero	11.7	5.4	3.4
Marzo	16.7	7.4	5.9
Abril	20.7	9.4	8.2
Mayo	23.8	11.4	12.0
Junio	27.9	14.4	16.7
Julio	28.9	17.4	20.4
Agosto	25.2	16.4	19.9
Septiembre	19.7	14.4	16.5
Octubre	12.8	10.4	10.7
Noviembre	8.7	7.4	5.4
Diciembre	6.7	5.4	2.4
Promedio	17.6	10.4	10.3

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Figura 11. Localización de la vivienda en CHEQ4

La primera pestaña nos pide la información de la localización de la instalación. Pudiendo elegir la provincia, y dentro de ella la localidad de la instalación, indicándonos también sus coordenadas exactas y la zona solar a la que pertenece. El programa nos mostrará por medio del cálculo MetaSol explicado anteriormente, las temperaturas medias del ambiente y del suministro de la red de agua en la zona. También nos expondrá la irradiación solar media sobre superficie horizontal de cada mes, necesaria para el cálculo del área de captación.

2.- Configuración



Figura 12. Configuración de la instalación en CHEQ4

La segunda pestaña que nos muestra es la elección de la configuración de la instalación solar. Se puede elegir entre distintos tipos de instalaciones:

Para consumo único:

- Instalación para consumo único con sistema prefabricado.
- Instalación para consumo único con interacumulador.
- Instalación para consumo único con intercambiador independiente.
- Instalación para consumo único con intercambiador independiente y piscina cubierta.

Para consumo múltiple:

- Instalación para consumo múltiple con todo centralizado.
- Instalación para consumo múltiple con acumulación centralizada y apoyo distribuido.
- Instalación para consumo múltiple con acumulación distribuida.
- Instalación para consumo múltiple con intercambio distribuido.

3.- Demanda

Figura 13. Demanda de la vivienda en CHQ4

Pág. 33

4.- Elección de captadores

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Logos: ASIT, IDAE

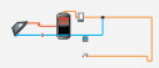
CAPTADORES
Empresa: Roth
Marca/Modelo: HELIOSTAR 252 S4 STECK

Datos de ensayo

Área (m2)	2.291
n0 (-)	0.779
a1 (W/m2K)	3.56
a2 (W/m2K2)	0.0146
Qtest(l/hm2)	50
k50	0.95
Laboratorio	ISFH
Certificación	NPS-25116




Localización


Configuración


Demanda


Solar/Apoyo


Otros parámetros


Resultados

CAMPO DE CAPTADORES
Núm. captadores: 1 Captadores en serie: 1 Pérdidas sombras (%): 0
Orientación (°): -15 Inclinación (°): 45 Área total captadores (m2): 2.29

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO
Caudal prim.(l/h): 115 Anticongelante (%): 30 Long. circuito (m): 20
Diám. tubería (mm): 12 Esp. aislante (mm): 40 Aislante: genérico

SISTEMA DE APOYO
Tipo de sistema: Caldera de condensación
Tipo de combustible: Gas natural



Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de...

Salir

Figura 14. Elección de captadores en CHEQ4

En esta ventana se eligen los distintos valores y datos en relación con el sistema de captación de la instalación. Se indicará el número de captadores, su colocación (en línea o en paralelo), el ángulo de azimut, la inclinación y las pérdidas por sombras. También se darán los datos del circuito hidráulico, caudal primario, porcentaje de anticongelante, longitud del circuito, diámetro de las tuberías y espesor y tipo de aislante. Por último se elegirá un sistema de apoyo. En el caso de esta instalación se ha optado por una caldera de gas

5.- Otros parámetros

CHEQ4

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Logotipos: IGT, IDAE

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m2) 87.30

DISTRIBUCIÓN

Long. circuito (m)

Diám.tubería (mm)

Esp. aislante (mm) T. imp.(°C)

Aislante

PISCINA CUBIERTA

Altura (m) Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h) Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m2) Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%) Ocupación (pers/m2)

VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l) Tipo C (l)

Tipo B (l) Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Figura 15.Otros parámetros en CHEQ4

En esta ventana se elegirá el volumen de acumulación, el cual debe respetar la norma establecida por el HE4-CTE de $50 < V/A < 180$, siendo V el volumen de acumulación y A el área de captación.

En el apartado de distribución se distribuyen las características del sistema de tuberías que conectan el acumulador con la vivienda. Se elegirá la longitud del circuito, al igual que el diámetro de las tuberías y el espesor y tipo de aislante.

6.- Resultados.

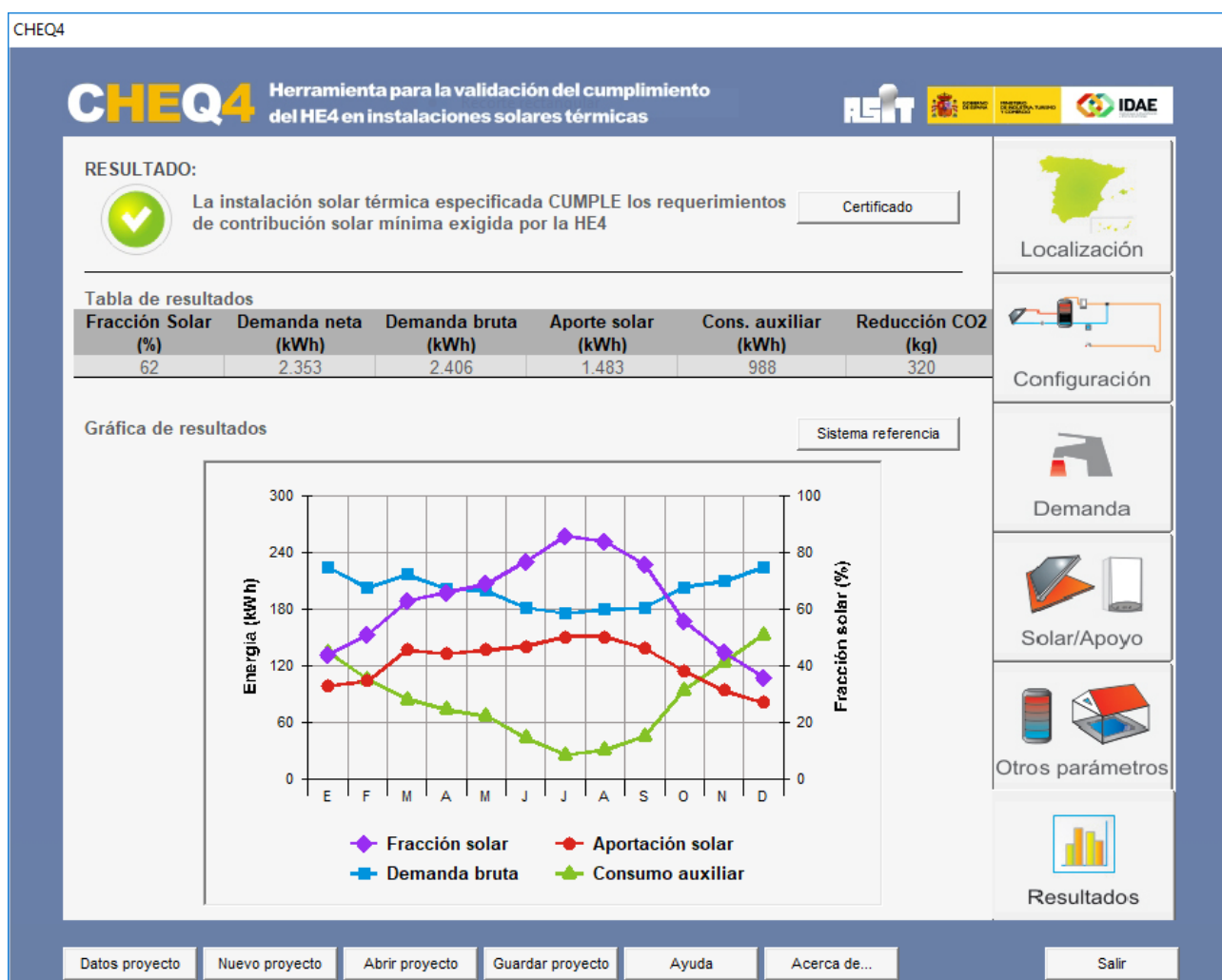


Figura 16. Resultados del análisis de CHEQ4

Una vez elegidos todos los datos de la instalación la última ventana nos mostrará un informe con los distintos resultados del estudio solar.

En este informe se mostrará:

- Porcentaje de fracción solar del suministro de ACS.
- Demanda neta (kWh) de la instalación, sin tener en cuenta las pérdidas por acumulación t distribución.
- Demanda bruta (kWh) de la instalación, teniendo en cuenta las pérdidas por distribución y acuulación.
- Energía solar aportada por el sistema.
- Consumo de energía primaria auxiliar para satisfacer al 100% la demanda de ACS.
- Reducción de las emisiones de CO2 (kg/año).

El proyecto está localizado en San Lorenzo del Escorial, pueblo de la comunidad de Madrid situado en la sierra de Guadarrama. La zona se ha seleccionado teniendo en cuenta las velocidades del viento en la Comunidad de Madrid, al igual que la radiación solar anual y mensual de la zona. Se determinó a partir de dichos datos que San Lorenzo de El Escorial sería un lugar viable para el proyecto.

Las coordenadas exactas de la vivienda son las siguientes:

Latitud: 40º 36' Norte

Longitud: -4º 8' Oeste

Anteriormente, en el apartado se ha mostrado una imagen satélite de la futura localización de la instalación. La vivienda se localiza en la zona solar IV, la cual nos exige según el HE4-CTE que al menos un 50% del ACS provenga de la captación solar.

La instalación al estar destinada a una vivienda unifamiliar de 4 personas necesitará al menos de 112 l/día de ACS, según las indicaciones del HE4-CTE.

Descripción de la instalación:

La instalación consta de partes. Sistema de captación, sistema hidráulico con DrainBack, sistema de acumulación, sistema de control y el sistema de energía auxiliar.

2.7.3 Sistema de captación

El sistema de captación se encarga de recoger la radiación solar proveniente del sol y la atmosfera y transformarla en energía térmica mediante la tecnología de efecto invernadero y tubo de vacío al fluido caloportador del sistema.

La instalación consta de 1 captadores en paralelo. La superficie total de captación es de 2.27 m². La conexión se ha realizado en paralelo para mejorar el rendimiento de la instalación. Los captadores se colocarán en el tejado de la vivienda, orientados a 0º con respecto al Sur para minimizar las pérdidas por efecto del ángulo de Azimut, y se han dispuesto en una inclinación de 45º con respecto a la vertical para maximizar la captación solar en los meses más desfavorecidos como puede ser Diciembre y Enero.

Al colocarse en el tejado de la vivienda se evitan así las pérdidas por sobra provenientes de los distintos elementos que se pueden encontrar alrededor de la vivienda, como árboles, postes de luz o farolas. Al contar solo con dos captadores juntos no habrá distancia entre diferentes baterías de captadores,, por lo que no hace falta el cálculo de la distancia mínima entre ellos. Además se colocarán de modo que se facilite su mantenimiento y sea posible un fácil acceso a ellos.

El captador elegido para la instalación es el Sistema **Heliostar 252 S4 STECK**, del fabricante Roth.



Figura 17. Captadores solares Roth.

Ventajas del captador Roth Heliostar 252 S4 STECK:

- Recubierto por una carcasa de policarbonato de alta calidad con marco de aluminio, resistente a los efectos meteorológicos y a los cambios de temperatura.
- Posible instalación tanto en vertical como en horizontal, al igual que la posibilidad del montaje en el tejado de la vivienda.
- 10 Años de garantía.

La curva del rendimiento térmico en función de la temperatura del captador y la temperatura ambiente es la siguiente:

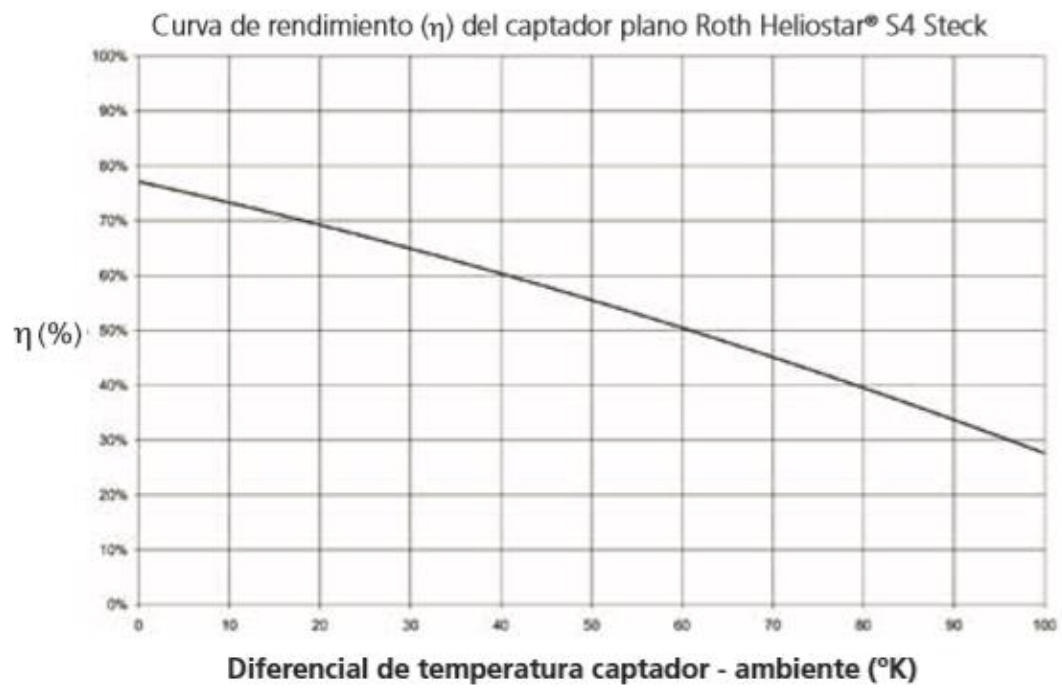


Figura 18. Rendimiento de los captadores en función del gradiente de temperatura

Características del captador Roth Heliostar 252 S4 STECK:

Especificaciones técnicas	
Medidas	2100x1200x109 mm
Superficie bruta	2.52 m ²
Superficie apertura	2.29 m ²
Superficie absorbadora	2.27 m ²
Rendimiento	77.10%
Coeficiente de pérdida de calor K1 (W/(m ² ·K))*	3.68 W/m ² *K
Coeficiente de pérdida de calor K2 (W/(m ² ·K))*	0.0127 W/m ² *K
Peso (Kg)	36 kg
Volumen de fluido (litros)	1.16 L
Presión de servicio admisible (bar)	10 bar
Máxima temperatura de inactividad del colector (°C)	208 °C
Absorción	95%
Emisión	5%

Tabla 4. Características del captador Roth

2.7.4 Sistema de acumulación e intercambiador

El sistema de acumulación sirve para mantener la energía aportada del sol a través del calor del agua que contiene.

El sistema de acumulación elegido para la instalación será un interacumulador de 200l, suficiente para satisfacer la demanda de 112l/día de ACS a la vivienda. El interacumulador elegido tendrá un intercambiador interno de serpentín, con una área de intercambio de 0.91 m². Al ser un solo sistema de acumulación se evita así pérdidas energéticas de transporte entre varias unidades de acumulación.

El interacumulador elegido para la instalación solar es el **Acumulador vitrificado de 1** serpentín. Se trata de un depósito acumulador de acero esmaltado según DIN 17100 con un serpentín, ánodo y termómetro. Consta de un aislamiento de poliuretano de 50mm de espesor.

Características del Acumulador vitrificado de 1 serpentín:

Especificaciones técnicas	
Capacidad (litros)	200
D: Diámetro exterior (mm)	600
H: Altura (mm)	1333
Temperatura máxima depósito ACS (°C)	95
Presión máxima depósito ACS (bar)	10
Temperatura máxima circuito de calentamiento (°C)	110
Presión máxima circuito de calentamiento (bar)	10
Superficie serpentín (m2)	0.91
Potencia (W)	70

Tabla 5. Características del interacumulador Roth



Figura 19. Interacumulador vitrificado Roth

2.7.5 Grupo hidráulico y sistema Drainback

Para el sistema hidráulico se optará por un sistema de flujo forzado, conectado con un sistema DrainBack.

El sistema elegido es el **Grupo Hidráulico DrainBack AE**, con bomba de gran eficiencia. Es un sistema de protección de captadores en el cual se encuentra el sistema de circulación del fluido caloportador. El sistema DrainBack es el que se encarga de la circulación del fluido del circuito primario y realizar las funciones de carga vaciado y limpiado de los captadores. Otras ventajas destacables del sistema DrainBack son las siguientes:

- Sistema de drenaje automático. Elimina la necesidad de instalar los sistemas de purgación de aire y del vaso de expansión.
- El sistema de regulación es automático, detecta los incrementos de temperatura extremas y evita así daños en el sistema de captación.
- Sistema ideal para uso doméstico.
- Bajo riesgo de congelación.
- No hay pérdidas por sobrepresión, por lo que no hace falta rellenar la instalación debido a estas pérdidas.
- Nunca se alcanzará la temperatura de estancamiento en los captadores ya que a 110°C la instalación se parará.
- Menor mantenimiento de la instalación.

Incorporado al sistema drainback se encuentra el grupo hidráulico que consta de una bomba **Wilo YONOS PARA ST15/13 PWM2**. Las características de la bomba son las siguientes:

Especificaciones técnicas	
Potencia nominal del motor (W)	75
Rango de temperaturas permitido (°C)	110°C
Presión máxima de trabajo (bar)	10
Alimentación eléctrica	1~230 V +10%/-15%, 50/60 Hz
Tipo de protección	IPx4D
Altura máxima de impulsión (m)	13
Volumen máximo de trabajo (L/h)	1900

Tabla 6. Características de la bomba impulsora YONOS

A continuación se muestra la gráfica de operación del grupo hidráulico:

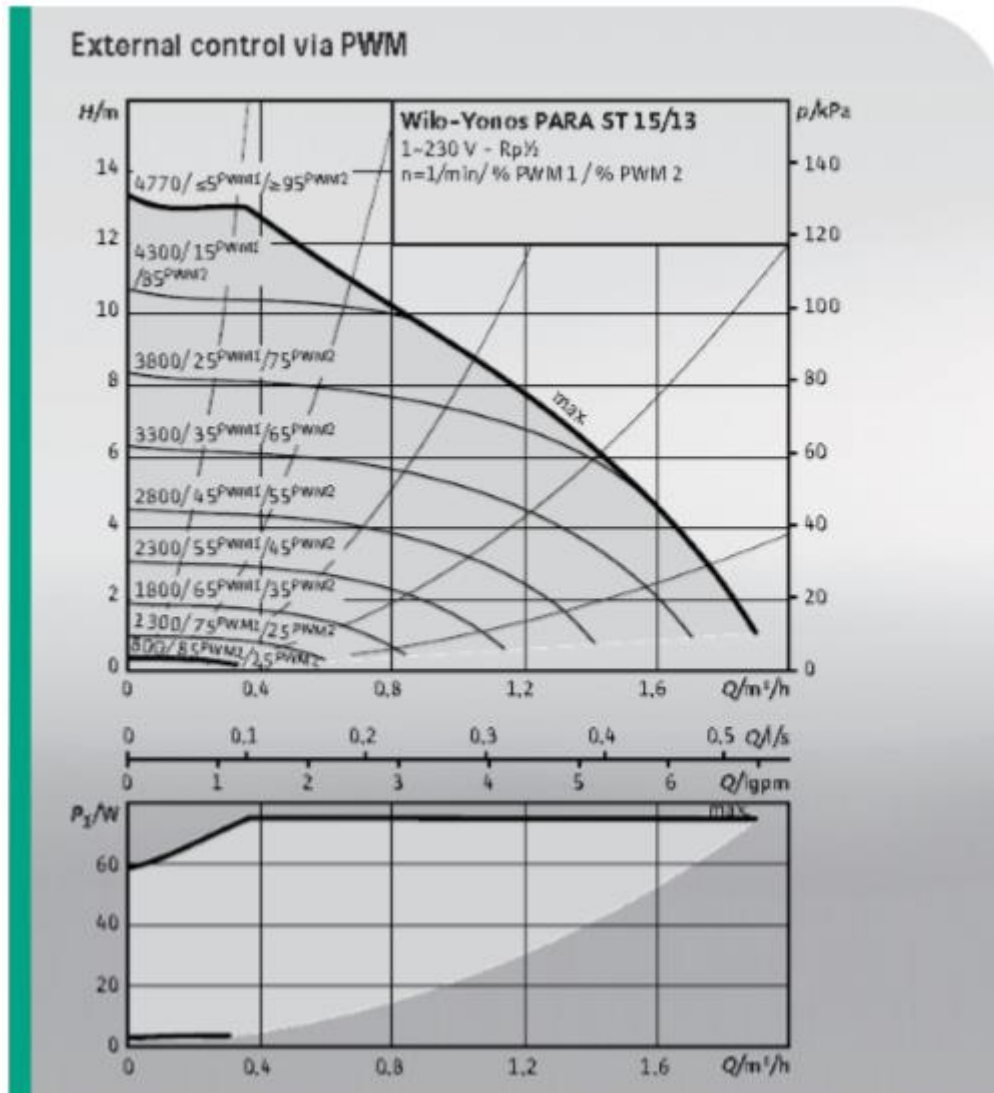


Figura 20. Curvas de la bomba impulsora YONOS



Figura 21. Bomba impulsora YONOS

El sistema Drainback a parte del grupo hidráulico se compone de un depósito de drenaje con capacidad para 8 litros. Dispone de conexiones de ½" macho Cu15 para una mayor facilidad de conexión.



Figura 22. Sistema DrainBack

2.7.6 Sistema de regulación

El sistema de regulación elegido es el proporcionado por el fabricante. En este caso es el **Regulador solar E^x BW** (sondas PT1000 incluidas).

El sistema de regulación es el que se encarga del buen funcionamiento de toda la instalación y debe funcionar autónomamente y en perfectas condiciones para minimizar el mantenimiento de dicha instalación. El regulador se encargará también del control de temperatura de la instalación, evitando así incrementos excesivos de la temperatura en el interior del circuito primario y exceso de temperatura en el interacumulador.

El regulador solar EX BW es un regulador diferencial con control de velocidad para bombas.

Dispone de protección anti-hielo, sistema de refrigeración de captadores y acumulador y limitación de la temperatura del captador y del interacumulador. Dispone también de 4 sondas de temperatura y pantalla de monitorización del sistema.

Datos técnicos de Regulador Solar EX BW:

Datos técnicos	
Entradas	4 sondas de temperatura Pt1000
Salidas	1 relé semiconductor, 1 salida PWM
Frecuencia PWM	512Hz
Voltaje PWM	10.5V
Potencia de salida	R1: 1 A 240V
Potencia total de salida	2A 240 V
Alimentacion	100...240 V(50Hz)
Tipo de conexión	Y
Interfaz de datos	Vbus
Transmision de corriente Vbus	35mA
Tipo de proteccion	IP 20/IEC 60529
Temperatura ambiente	0...40°C
Dimensiones	172x110x26 mm

Tabla 7. Características del regulador solar

Anticongelante:

Un factor importante de la instalación es el uso de anticongelante en el circuito primario de la instalación térmica solar de baja temperatura.

La localidad de San Lorenzo de El Escorial está localizada en una zona montañosa, en la cual en los meses más fríos del año se pueden llegar a temperaturas por debajo de los -5°C . Para ello el fluido de trabajo será una mezcla de agua y anticongelante. El anticongelante que se utilizará en la instalación es el Aditivo caloportante azul para captadores planos, el cual viene incluido con el kit solar térmico drainback del fabricante Roth. Con una mezcla del 30% de anticongelante y un 70% agua se puede asegurar el buen funcionamiento de la instalación hasta temperaturas de -13°C .

Una vez Elegidos los elementos de la instalación se utilizará la herramienta CHEQ4 para la comprobación de su viabilidad.

El resultado final es el siguiente:

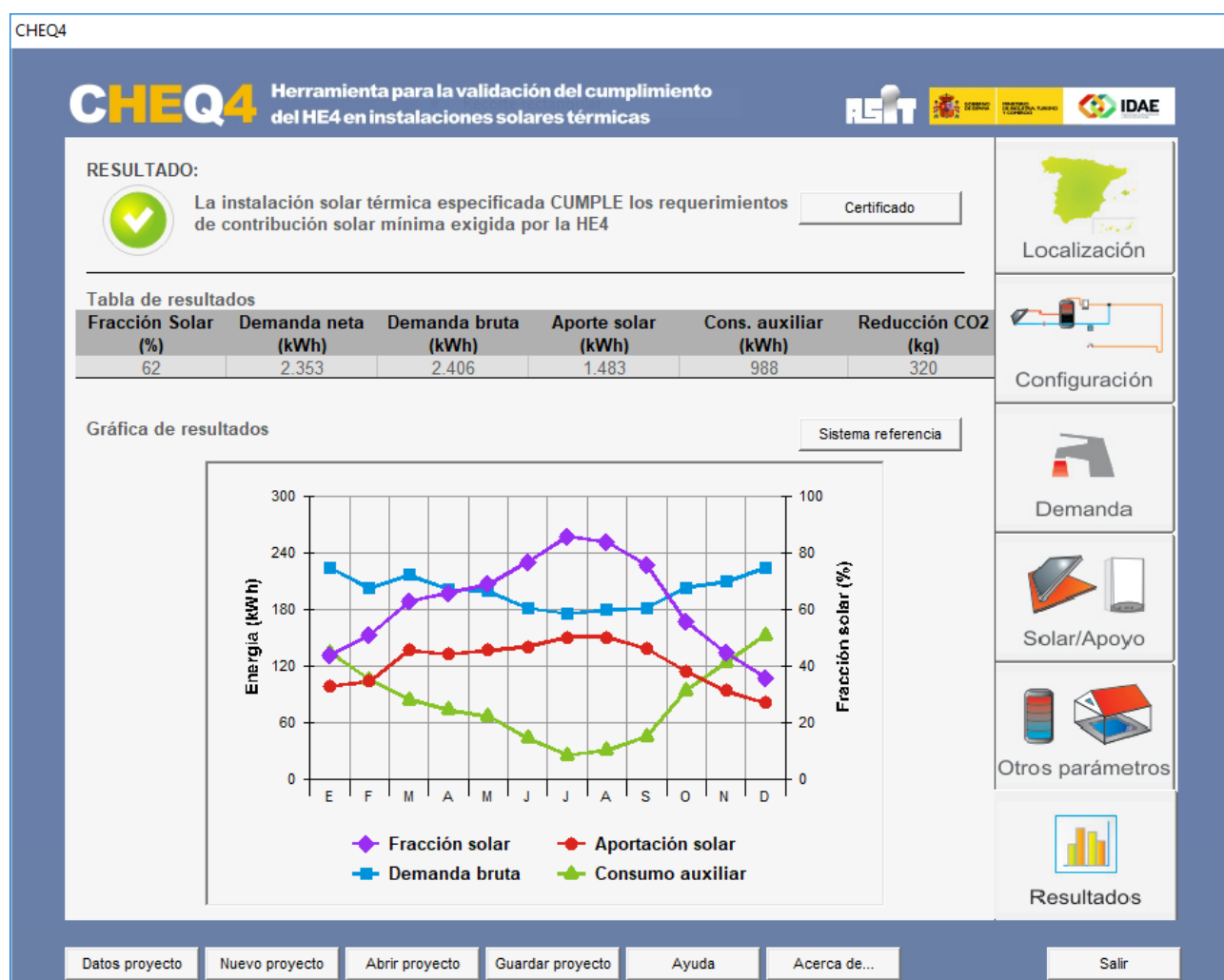


Figura 22. Resultados del análisis de la herramienta CHEQ4.

Con una demanda total de 2400 kWh anuales, la instalación solar suministrará el 62% de la demanda de ACS, un aporte total de 1483 kWh, dejando así solamente 988 kWh de suministro mediante gas. Con esta instalación se consigue una reducción de las emisiones de CO₂ de 320 kg/año.

2.8 Instalación eléctrica

La instalación eólica de la vivienda se suministrará mediante un sistema híbrido compuesto por un aerogenerador y un sistema solar fotovoltaico. Tras un estudio preliminar del viento se ha llegado a la conclusión de que la instalación eléctrica no es al 100% factible con solo la generación de energía por medio del aerogenerador. Por lo tanto será necesaria la implementación de un suministro eléctrico mediante placas solares fotovoltaicas. En el apartado 3.1.3 Cálculo solar fotovoltaico se expondrá en detalle el cálculo y el dimensionado de las células fotovoltaicas.

El siguiente esquema muestra el diseño final de la instalación eléctrica.

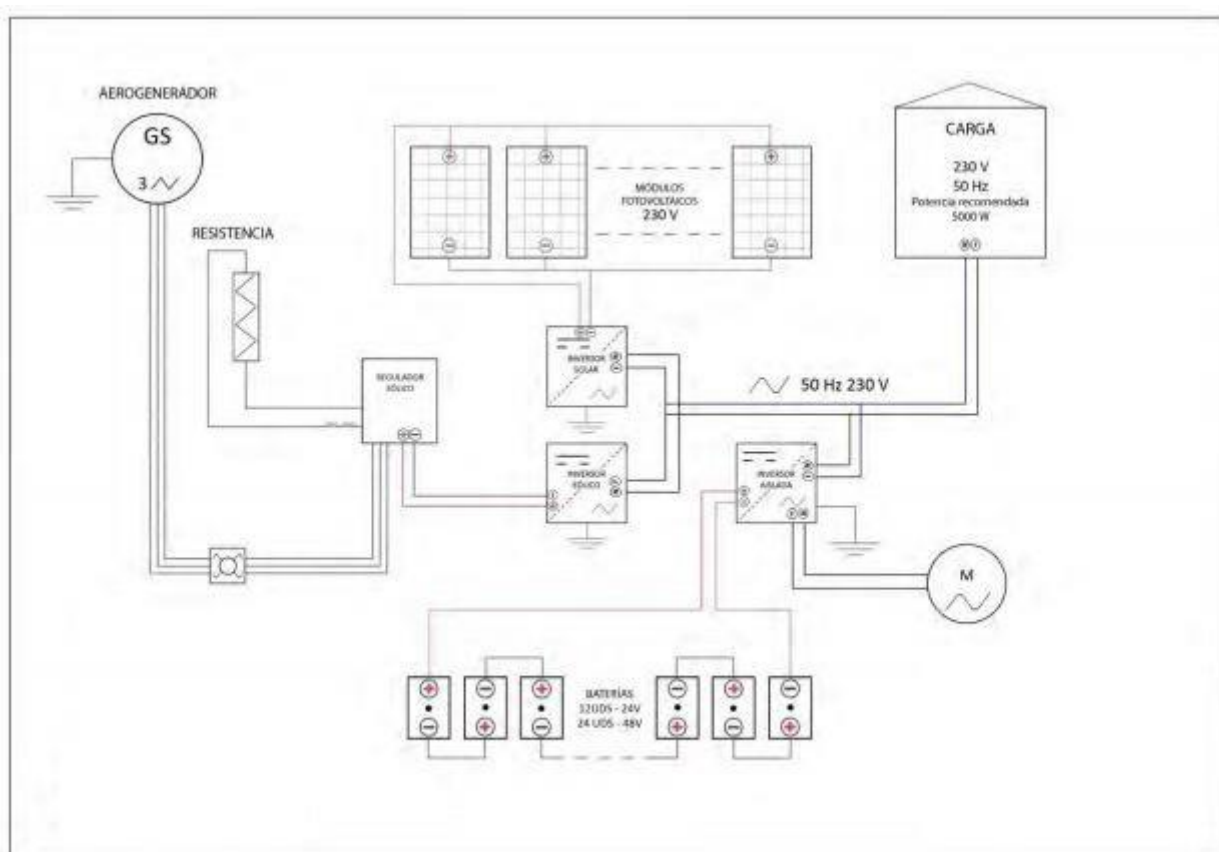


Figura 23. Esquema de la instalación eléctrica

La instalación consta de un sistema generador eólico, un sistema generador fotovoltaico, una serie de baterías para acumular la energía generada, grupo de inversores para el cambio de corriente continua a corriente alterna y una serie de reguladores para el correcto funcionamiento de la instalación. En el apartado Apéndices se expondrá de forma más detallada la estructura de la instalación.

Esta instalación estará regulada por varios reguladores y sensores en cada parte de la instalación para asegurar el suministro energético de la vivienda. Estos sensores y reguladores se encargarán de los diferentes cambios de estado, como la carga y descarga de baterías, o la conexión o desconexión del sistema fotovoltaico.

El sistema eléctrico se divide en dos secciones diferenciadas:

- Sección de corriente continua (CC), en la cual se localizan las baterías, el aerogenerador y las células fotovoltaicas. Las diferentes combinaciones de 12V, 24V y 48V. Se ha decidido trabajar a 48V ya que debido a la fórmula $P=V \cdot I$, a mayor voltaje menor intensidad, y por lo tanto menores pérdidas por cobre en el circuito.
- Sección de corriente alterna (CA), que se localiza desde el inversor al consumo en la vivienda. Al trabajar en CA se debe tener en cuenta que la frecuencia de trabajo es de 50 Hz. Otro aspecto a tener en cuenta es la elección de trabajar en corriente trifásica o monofásica.

La potencia máxima de pico que alcanzará la instalación viene dada por la tabla x, y es de 8375 W. En base a esta demanda de potencia se deberán colocar 2 inversores de 5000 W cada uno, para una posible Potencia máxima de 10000 W. Las cargas de la vivienda serán alimentadas a 230V CA monofásica.

La instalación final se realizará de la siguiente manera:

Instalación monofasica 230V a 50Hz, con 2 inversores/cargadores de 5kW cada uno, pudiendo alcanzar una potencia máxima de 10kW. Entrada de CC a 48V

Esta instalación se realizara siguiendo las normativas y condiciones establecidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, con la finalidad de una distribución eficiente y la protección y preservación de los bienes y las personas relacionadas con la instalación.

La instalación eólica será la principal fuente de generación de energía de la instalación eléctrica. Para su diseño se han barajado varias opciones a lo largo del proyecto. Las dos principales opciones que se han barajado han sido las siguientes:

- Turbina de eje vertical **Etneo DS3000**, que dispone de un sistema híbrido compuesto por 4 hélices savonius y 3 daerrius para conseguir así una mayor fuerza de empuje.
- Turbina de eje horizontal **Enair E30 Pro**, con un sistema de orientación pasivo y paso variable.

Ambas opciones son viables para la instalación. Sin embargo se ha optado por la turbina Enair E30 Pro, que aun siendo de eje horizontal, las características de esta turbina superan a la turbina de Etneo. Otro factor importante tomado para la elección de la turbina es que, teniendo parecidas características técnicas y de rendimiento, la turbina Enair es mucho más viable económicamente.

2.8.1 Turbina

La turbina Enair E30Pro es una turbina de eje horizontal, 3000W de potencia máxima y una potencia nominal de 1500W, capaz de generar hasta 30kWh de energía diarios. Es una solución perfecta para pequeñas instalaciones eléctricas y en el caso de la instalación, para viviendas de autoconsumo. Es ligera en comparación a otras turbinas de la misma potencia, solo 125 kg. La turbina Enair E30Pro hace alarde de grandes avances en la generación eólica de bajo consumo. Consta de paso variable de dos velocidades en caso de velocidades de viento extremas, además de una protección extra contra estas velocidades. Palas optimizadas con Dinámica de fluidos computacional, optimizando su perfil hasta el 94%. El generador es un generador de 30 polos, aumentando su eficacia en relación con las rpm, y teniendo un rendimiento superior gracias a su poco calentamiento. Los materiales utilizados en la fabricación de la turbina son materiales ligeros, como el aluminio y la fibra de vidrio para las aspas. La turbina generará la electricidad en modo trifásico y gracias a un regulador se transformará en corriente continua de 48V.

La turbina Enair E30Pro cuenta con una vida útil de 25 años, incluso en las condiciones más adversas.

A continuación en la siguiente tabla se exponen las características técnicas de la turbina E30 Pro:

Enair 30PRO	
Número de palas	3
Material palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominales imanes de neodimio
Potencia	3000W
Potencia nominal	1900W (IEC 61400-2)
Tensión	24 / 48 / 220V
Clase de viento	CLASS II / IEC 61400-2 / NVN I – A
Diámetro	3,8m
Sentido de giro	Horario
Area de barrido	11,34m ²
Peso	125Kg
Aplicaciones	Carga de 50 baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s

Velocidad nominal	11m/s
Velocidad regulación del paso variable	12m/s
Velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento
Orientación	Sistema pasivo con timón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrífugo con dos velocidades de actuación
Transmisión	Directa
Freno	Eléctrico por cortocircuito y aerodinámico por paso variable
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor	Eficiencia 97%; Algoritmo MPPT
Ruido	48db Reducción al mínimo debido al diseño de las palas y las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celosía, presilla, tubular. Abatibles o fijas de alturas variables según condiciones

Tabla 8. Características del aerogenerador Enair E30Pro

La elección de la turbina se realizó una vez obtenidos los datos del viento y, comparando con su curva de potencia se observó que la velocidad del viento media en la zona era suficiente para el suministro energético de la vivienda.

La siguiente figura muestra la curva de potencia de la turbina respecto al viento, proporcionada por Enair:



Figura 24. Curva de potencia de la turbina E30Pro

En la siguiente figura se muestra la gráfica de la generación de energía anual respecto del viento, proporcionada también por Enair:

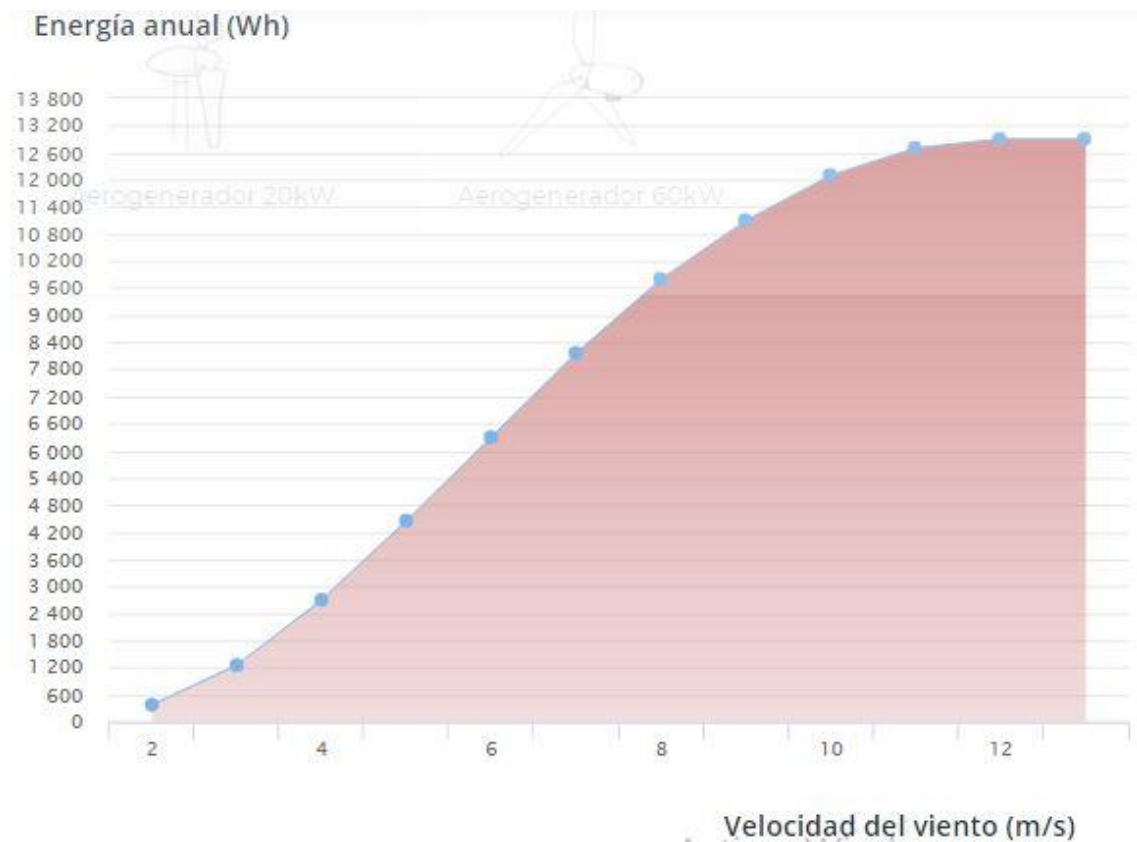


Figura 25. Gráfica de generación de energía anual de la turbina E30Pro

Los datos de generación vienen dados en producción anual. Para el cálculo y la comprobación de la calidad del viento y el suministro energético de la vivienda se colocarán los datos del viento recogidos a lo largo de los 4 años de estudio en una tabla para comprobar su producción anual y diaria.

A continuación se muestra una tabla con las generaciones de energía dependiendo de la velocidad del viento:

Potencias de la turbina en función del viento			
	Velocidad	Anual	Diaria
	m/s	kwh	wh
	2.0000	375.0000	1027.3973
	2.5000	812.5000	2226.0274
	3.0000	1250.0000	3424.6575
	3.5000	1975.0000	5410.9589
	4.0000	2700.0000	7397.2603
	4.5000	3575.0000	9794.5205
Consumo	4.7550	4022.4000	11020.2740
	5.0000	4450.0000	12191.7808
	5.5000	5375.0000	14726.0274
	6.0000	6300.0000	17260.2740
	6.5000	7230.0000	19808.2192
2015	6.8669	7912.0000	21676.7123
2016	6.9616	8003.0000	21926.0274
	7.0000	8160.0000	22356.1644
2017	7.3864	8793.0000	24090.4110
	7.5000	8980.0000	24602.7397
	8.0000	9800.0000	26849.3151
	8.5000	10450.0000	28630.1370
2018	8.6682	10668.0000	29227.3973
	9.0000	11100.0000	30410.9589
	9.5000	11600.0000	31780.8219
	10.0000	12100.0000	33150.6849
	10.5000	12400.0000	33972.6027
	11.0000	12700.0000	34794.5205
	11.5000	12800.0000	35068.4932
	12.0000	12900.0000	35342.4658
	12.5000	12920.0000	35397.2603
	13.0000	12940.0000	35452.0548

Tabla 9. Generación energética diaria y anual en función del viento.

Se puede observar que la velocidad del viento necesaria para suministrar energía a la vivienda es muy inferior a las velocidades medias de los vientos en los años de estudio.

Para complemento al estudio en la siguiente gráfica se muestra la generación energética diaria en función del viento:

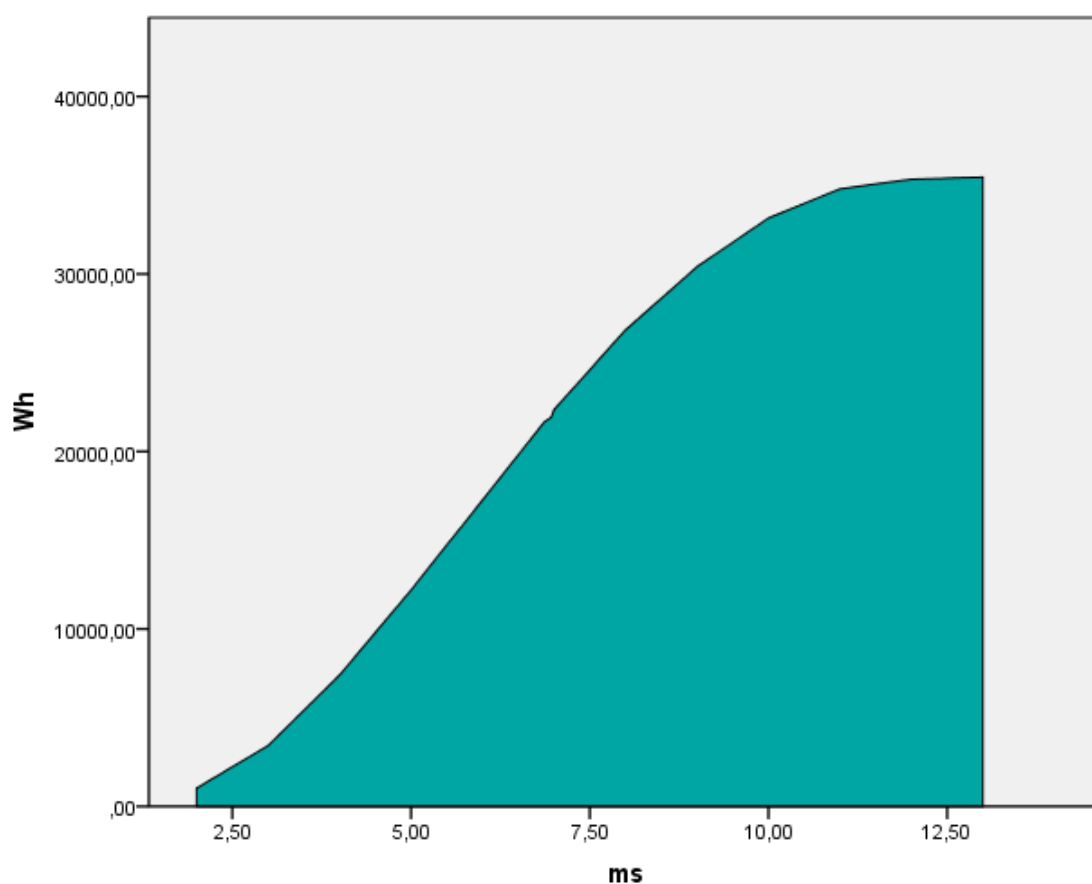


Figura 26. Generación diaria de la turbina respecto del viento.

Esquema de la turbina:

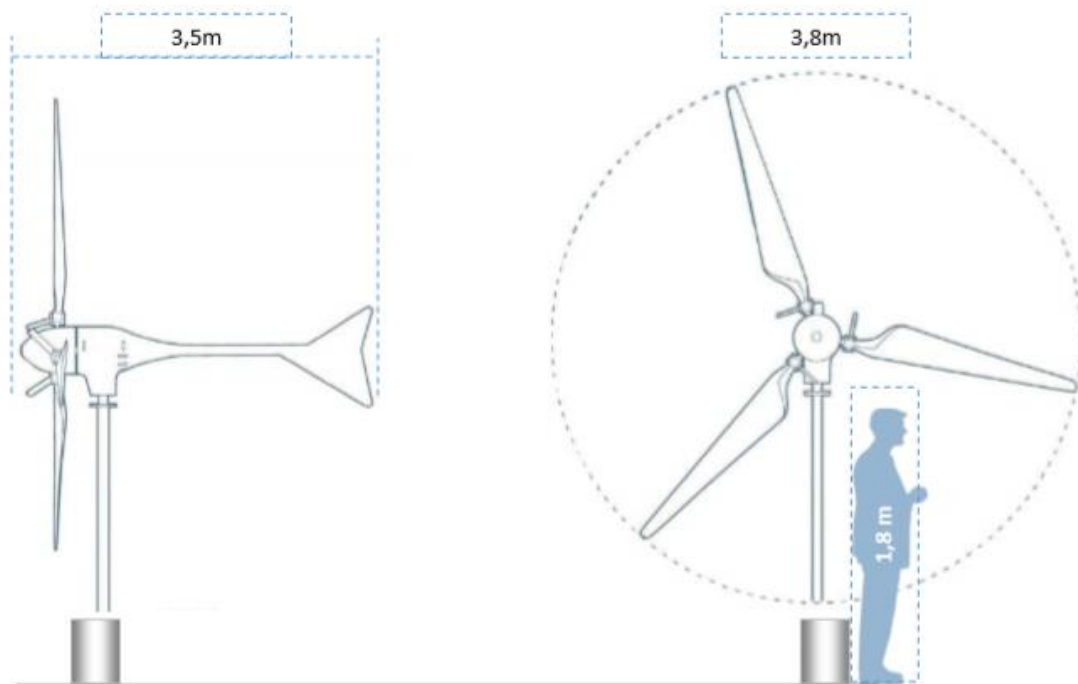


Figura 27. Dimensiones de la turbina Enair E30Pro

El aerogenerador Enair E30Pro se compone de una turbina de eje horizontal, de 3 palas con un área de barrido de 11.34 m^2 . Cuenta también con un sistema de orientación pasivo y paso variable, para minimizar el ruido y posibles defectos en la turbina a causa de vientos extremos.

Las dimensiones de la turbina son:

Diametro: 3.8m

Distancia de punta a punta: 3.5 m

Altura de la turbina: 3.8 m

Altura del mástil: 12 m

Altura total de la turbina: 13.9 m

Escala de Beaufort.

La escala de Beaufort es una escala utilizada a nivel global para establecer las medidas que suelen utilizarse como referencia para asignar nombres a determinadas intensidades de viento. Esta escala es importante tenerla presente, sobre todo en los puntos mayores del 8 que son los que pueden arrastrar objetos a consecuencia de la fuerza del viento y provocar daños en el aerogenerador.

GRADO	NOMBRE USUAL	EFFECTOS APRECIABLES EN TIERRA	VELOCIDAD (m/s)	VELOCIDAD (Km/h)
0	Calma	Humo vertical.	0 a 0,2	0 a 1
1	Ventolina	Se inclina el humo, las banderas y las veletas no se mueven.	0,2 a 1,4	1 a 5
2	Flojito -brisa muy débil-	Se siente el viento en la cara. Se mueven las hojas de los árboles, las banderas y las veletas.	1,4 a 3	6 a 11
3	Flojo -brisa débil-	Se agitan las hojas de los árboles. Las banderas ondean.	3 a 5,3	12 a 19
4	Bonancible -brisa moderada-	Se levanta polvo y papeles pequeños. Se mueven las ramas pequeñas.	5,6 a 7,8	20 a 28
5	Fresquito -brisa fresca-	Se mueven los árboles pequeños. Pequeñas olas en los estanques.	7,8 a 10,5	29 a 38
6	Fresco -brisa fuerte-	Se mueven las ramas grandes. Silban los hilos del telégrafo. Dificultad con los paraguas.	10,5 a 13,1	39 a 49
7	Frescachón -viento fuerte-	Todos los árboles en movimiento. Es difícil andar contra el viento.	13,1 a 17	50 a 61
8	Temporal -duro-	Se rompen las ramas delgadas de los árboles. Generalmente no se puede andar contra el viento.	17 a 20,5	62 a 74
9	Temporal fuerte -muy duro-	Árboles arrancados y daños en edificios.	20,5 a 24,5	75 a 88
10	Temporal duro -temporal-	Graves daños en edificios.	24,5 a 28,3	89 a 102
11	Temporal muy duro -borrasca-	Destrozos generalizados.	28,3 a 32,5	103 a 117
12	Huracán	Enormes daños.	Más de 32,5	Más de 118

Figura 28. Tabla de Beaufort.

A continuación se muestra un estudio de la probabilidad de que estos vientos ocurran y también el estudio de la potencia eólica y la generación de energía en estos intervalos.

Utilizando la distribución de Weibull de las velocidades de los últimos cuatro años se podrá aproximar la probabilidad de cada intervalo de viento. Los parámetros de la distribución de Weibull son los siguientes:

Parametros de Weibull				
Año	Media	Desviación	C	k
Total	7.2649	3.2833	8.199330473	2.36909303

Tabla 10. Parámetros de la distribución de Weibull.

Para el cálculo de dichos intervalos se utilizará la función de distribución de Weibull:

$$F(x; k, \lambda) = 1 - e^{-(x/\lambda)^k}$$

Donde:

- K = *parámetro de forma*
- C (λ) = *parámetro de escala*

En la siguiente tabla se muestran los resultados de este estudio:

Valores de Beaufort		
Nombre	Velocidad	Frecuencia
Calma	0 a 0.2	0.02%
Ventolina	0.2 a 1.4	1.49%
Flojito -brisa muy débil	1.4 a 3	7.32%
Flojo -brisa débil	3 a 5.3	21.11%
Bonancible -brisa moderada	5.3 a 7.8	28.94%
Fresquito -brisa fresca	7.8 a 10.5	24.54%
Fresco -brisa fuerte	10.5 a 13.1	11.78%
Frescachón -viento fuerte	13.1 a 17	4.45%
Temporal -duro	17 a 20.5	0.34%
Temporal fuerte -muy duro	20.5 a 24.5	0.02%
Temporal duro temporal-	24.5 a 28.3	0.00%
Temporal muy duro borrasca	28.3 a 32.5	0.00%
Huracán	>32.5	0.00%

Tabla 11. Frecuencias de casos de Beaufort

2.8.2 Controlador/Regulador



Figura 28. Controlador de carga RCE-ENAIR-120.

La turbina eléctrica estará conectada a las baterías y a los inversores mediante un controlador que se encargará de suministrar la corriente eléctrica y regular la carga necesaria en cada momento.

El controlador utilizado es el RCE-ENAIR-120, regulador de carga de baterías eólico a 24 o 48 V, 120 A de corriente.

Las características del controlador se exponen a continuación en la siguiente tabla:

MODELO RCE-ENAIR-120	
Eléctricos	
Tensión del sistema CC	24/48V
Corriente máxima CC	120A
Corriente de disipación	120A (resistencia disipación)
Precisión	24V: $\leq 0.1\% \pm 50\text{mV}$ 48V: $\leq 0.1\% \pm 100\text{mV}$
Mínima Tensión CC de operación	9 VDC
Máxima Tensión CC de operación	68 VDC
Máxima Tensión AC trifásica	100 VAC

Consumo			Funcionamiento - 50mA Reposo - 6mA
Desconexión por Alta Temperatura			90°C desconexión carga / derivación a la carga 70°C reconexión carga / derivación a la carga
Protección contra sobretensiones transitorias			
Potencia de pulso			7000 W
Respuesta			< 5 nanosegundos
Baterías			
Algoritmo de carga			PWM, tensión constante
Coeficiente de Tª			-5mV / °C / célula (25°C ref)
Rango de Tª			0°C to 50°C
Etapas de carga			Cuatro: Bulk, absorción, flotación y ecualización
Físicas			
Dimensión D* W* H (mm)			345* 248* 170
Peso (kg)			8.4
Terminales de Potencia			Clasificación 120A
Operación			
Tª Ambiente			-40° + 45°C
Tª Almacenamiento			-55° + 85°C
Humedad			100% (NC)
Diseño			Ventilación interior

Tabla 12. Características del regulador eólico

Este regulador de la marca Enair es el recomendado por el fabricante para conectarlo a la turbina y utilizarlo como regulador de corriente y de carga de la instalación eólica.

2.8.3 Instalación solar

El estudio del viento a lo largo de 4 años determinó que la calidad del viento es suficientemente buena para que la vivienda pueda ser abastecida por energía eólica en su totalidad. No obstante se han encontrado casos en los cuales algunos días la velocidad del viento no era suficiente para activar el aerogenerador. Con el consumo único de las baterías se podrá alimentar la vivienda por un periodo ininterrumpido de 2 días y medio.

Aun así se ha decidido la implementación de un apoyo energético solar. La intención de este sistema de apoyo es suplir el suministro energético de parte de la vivienda cuando el aerogenerador no sea capaz de generar por su cuenta.

El dimensionado de las células solares se hará para el aporte del 20% de la energía necesaria para la vivienda.

Tras los cálculos realizados en el apartado 3.1.3 Cálculos solares fotovoltaicos se ha llegado a la conclusión de que es necesaria un área de 8.62 m^2 de superficie de captación para la instalación solar fotovoltaica.

Para esta instalación se han elegido los paneles solares Panel Solar 325W 24V Talesun Policristalino del fabricante Talesun. Con un rendimiento del 16.7% y una superficie de captación de 1.88m^2 es la solución para la instalación solar fotovoltaica. Se colocarán 4 paneles, dos módulos de células en paralelo, cada una con dos paneles en serie para conseguir los 48 V a los que trabaja el circuito de corriente continua.



Figura 29. paneles solares TaleSun.

2.8.4 Baterías

La elección de las baterías es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para una instalación de autoconsumo. Estas baterías son las que se van a encargar de almacenar la energía sobrante del aerogenerador y de las células solares fotovoltaicas, y alimentar a la vivienda de energía cuando el suministro de energía no pueda ser suplido por los elementos generadores.

Estas baterías serán alimentadas 100% mediante energía renovable, tanto solar como eólica, y serán un punto clave en el diseño de la instalación.

Hay distintos tipos de baterías en el mercado. Para la instalación eléctrica de la vivienda se ha elegido utilizar baterías estacionarias OPzS, que utilizan tecnología Plomo-Acido, altamente usadas en la instalación de sistemas de autoconsumo. Para la instalación de este proyecto es la mejor opción, tanto por sus prestaciones, como por ser una de las opciones más económicas.

Las baterías deben dimensionarse para ser capaces de aportar la energía necesaria durante los días sin viento ni sol a la casa. Este hecho implica que las baterías deben poder aportar una cantidad de energía en 24h de 11025 Wh/día.

Es importante destacar que la descarga de las baterías nunca debe ser menor que el 50%, ya que si esto ocurre las prestaciones y el rendimiento de las baterías disminuyen.

Siendo el sistema a 48 V, a continuación se mostrará un cálculo de la capacidad necesaria de corriente para la alimentación de la vivienda. Este cálculo se hará con la necesidad mínima de consumo de un día.

Batería		OPzS	Unidad
Energía demandada por la vivienda		11025	Wh
Autonomía requerida mínima		1	Días
Voltaje		48	V
Descarga máxima recomendable		50%	
Intensidad mínima necesaria		460	A*h

Tabla 13. datos de la batería OPzS para un día de autonomía.

El fabricante recomienda una descarga máxima de entre 50% y 75%. En el caso anterior se ha elegido 50%, siendo el valor necesario para un día de autonomía de 480Ah.

Una vez analizadas las baterías que se comercializan de este tipo, el modelo seleccionado es **6OPzS800** del fabricante VESNA. Esta batería proporciona una intensidad de descarga de 1216A en C100. Esto significa que la batería aportará a una 1216Ah a lo largo de 100h de descarga total de la batería.

Batería 6OPzS800	OPzS	Unidad
Demanda energética	11025	Wh
Tensión	48	V
Capacidad en C100	1216	Ah
Autonomía torica (Profundidad de descarga del 100%)	5.29	Días
Autonomía práctica(Profundidad de descarga del 50%)	2.65	Días

Tabla 14. Datos de la batería 6OpzS600

Con estas características las baterías podrán suministrar energía a la vivienda por un periodo continuo de 2 días y medio sin interrupciones. Un factor importante a tener en cuenta al elegir las baterías de tipo OPzS es que son capaces de aguantar los picos de energía de arranque de algunos electrodomésticos.

Las baterías OPzS tienen una previsión de vida útil de unos 20 años, sin necesidad de mantenimiento habitualmente.



Figura 30. Baterías OPzS800.

2.8.5 Inversores

Para la alimentación de la vivienda es necesario que la corriente eléctrica se distribuya a corriente alterna 230 V y 50 Hz constantemente. Tanto las células fotovoltaicas, el aerogenerador y las baterías producen corriente continua, por lo tanto es necesaria la instalación de un grupo de inversores para cambiar de corriente continua a corriente alterna.

Cada grupo generador tendrá su propio inversor debido a las fluctuaciones de carga de los mismos.

El inversor elegido para el aerogenerador es el **Inversor Cargador 5000 VA 48V MPPT 80A Must Solar**. Se colocará un inversor en cada parte de la instalación para asegurar la homogeneidad de la corriente eléctrica.

Este inversor cuenta con protecciones a sobrecargas, cortocircuito y descarga profunda. Trabaja a 48V y dispone de conexiones de entrada para generación auxiliar monofásica. Utiliza una tecnología MPPT de regulación, de corriente máxima 60A. Otra ventaja del Inversor Cargador 5000 VA 48V MPPT 80A Must Solar es la posibilidad de conectar varios inversores en paralelo.

La elección de este inversor es la óptima gracias a su regulador de carga MPPT incorporado. Consta también de una pantalla LCD para una fácil configuración. Una razón para la elección de este inversor es que dispone también de un sistema de carga para las baterías y la regulación de los diferentes estados del sistema, controlado a través del ordenador vía WiFi. Esto facilita su uso, haciéndolo accesible a cualquier usuario.

Otro dato tener en cuenta es que existe la opción si se quiere en un futuro de poder conectar la Red eléctrica a la vivienda a través de esta Inversor Cargador..

A continuación en la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del inversor

Especificaciones	
Voltaje de Baterías del Sistema	48V DC
Potencia del Inversor	5000VA 4000W
Pico potencia	10000VA
Tipo de Onda	Onda senoidal pura
Regulación de Voltaje AC (Modo baterías)	220V-240V AC
Eficiencia del Inversor	93%
Voltaje nominal	48V DC
Voltaje carga flotación	54V DC
Protección sobrevoltaje	60V DC
Potencia entrada	4000W
Corriente carga máxima AC	60A
Dimensiones (mm)	295*528*121 mm
Peso neto(kg)	14kg
Temperatura funcionam.	0°C a 55°C
Temperatura almac.	-15°C a 60°C

Tabla 15. Datos técnicos del inversor.



Figura 31. Inversor cargador Must Solar

2.8.6 Torre del aerogenerador

La torre del aerogenerador es la estructura que sujeta la turbina E30Pro. Esta estructura tendrá una altura de 12 m para conseguir una máxima generación eólica, ya que cuanto más alto este el generador eólico, mayor será el rendimiento de la instalación, ya que la velocidad del viento aumenta.

La turbina Enair E30Pro permite la instalación de tres tipos de estructura:

- Tubular
- Celosía
- Presilla

La torre elegida es la suministrada por el fabricante de la turbina, Enair. Es una torre de 12 m de altura en celosía con una zapata de dimensiones 1,11 m de lado y 1,75 m de alto, actuando del lado de la seguridad siendo adecuada para terrenos flojos Medios, capaz de distribuir las cargas que pueda sufrir la turbina por efecto del viento y nieve. La cimentación se realizará con hormigón y tendrá unas dimensiones de 1.00mx1.00m.1.75m.

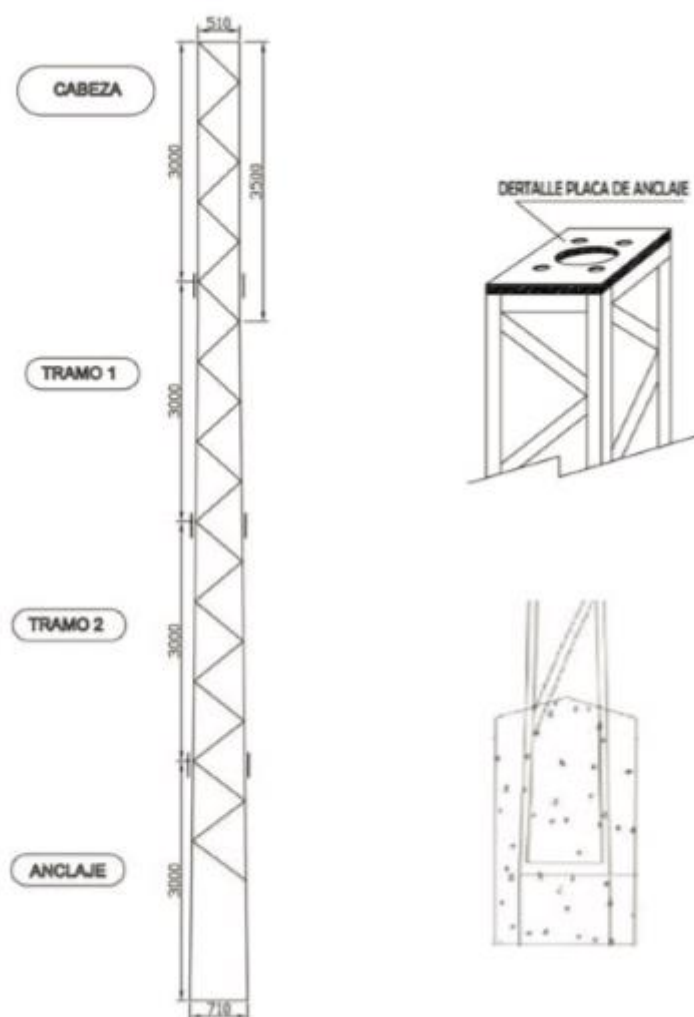


Figura 32. Torre del aerogenerador.

2.8.7 Grupo electrógeno auxiliar

La necesidad de un grupo electrógeno auxiliar se basa en que es posible que haya días en los cuales ni la generación eólica ni la solar sean suficientes para suministrar energía a la casa.

Para la instalación se ha elegido un grupo electrógeno auxiliar de 5500 W de potencia, capaz de suplir las demandas mínimas de la vivienda en casos extremos. El generador elegido es el Generador Gasolina 5500W Genergy Aneto. Consta de un motor de gasolina OHV de 4 tiempos. Con depósito de gran capacidad de 28L y dos bases monofásicas de entrega de potencia de 16Ah y 32Ah. Siendo ligero y portátil, permite que una sola persona lo traslade por su cuenta.



Figura 33. Generador auxiliar Genergy Aneto.

2.8.9 Cableado

El cableado de la instalación será elegido dependiendo de los requisitos de cada sistema para optimizar el rendimiento, gastos y pérdidas.

-Instalación fotovoltaica:

Para el cableado de la parte solar fotovoltaica se elegirán los cables recomendados por el fabricante de las células fotovoltaicas. Se requerirán al menos 50 m de cableado. Los cables seleccionados serán los cables del proveedor TopSolar, con unas pérdidas inferiores al 1%.



Figura 34. Cableado solar.

-Instalación eólica:

Para la instalación eólica se necesitará una red de cableado de 50m. La sección del cable y las características del mismo vienen recomendadas por el fabricante de la turbina. En la siguiente tabla se muestran los valores de la sección que deben cumplir en función de la longitud del cable para minimizar las pérdidas del cobre. Hay que tener en cuenta que hay que disponer de dos tipos de cable.

Modelo	20-40m	40-60m	60-80m	80-100m
ENAIR 30PRO-24V	16mm ²	25mm ²	25mm ²	35mm ²
ENAIR 30PRO-48V	10mm ²	16mm ²	25mm ²	25mm ²

Sección mm ²	10	16	25	35	50
Sección AWG	7	5	3	1	0
Diámetro (mm)	3.57	4.51	5.64	6.68	7.98
Diámetro (in)	0.141	0.178	0.222	0.263	0.314

Figura 35. Dimensiones del cableado eólico

Para la instalación se elegirán cables de sección de 16mm², de sección AWG de 5 mm², y un diámetro de 4.51 mm.



Figura 36. Cableado eólico.

2.8.10 Protecciones

En toda instalación eléctrica es necesaria la implementación de protecciones, tanto para los elementos del sistema como para la protección de los usuarios. En este proyecto se incluyen las siguientes protecciones:

- Interruptor magnetotérmico: si se sobrepasasen los valores máximos del sistema, interrumpiría la corriente eléctrica. Implementación en el circuito de corriente continua.
- Interruptor diferencia eléctrico: en caso de cortocircuito por contacto humano directo o indirecto, interrumpiría la corriente eléctrica para evitar posibles daños a la persona. Implementación en el circuito de corriente alterna.
- Fusibles: protección del circuito por corrientes de valor demasiado alto. Implementación en los paneles solares y en las baterías.

2.8.11 Puesta a tierra

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

Las resistencias de toma de tierra no deben superar los 800 Ω . La instalación de la turbina eólica, si supera los 24 V, al ser una estructura metálica deberá disponer de toma de tierra. Serán conectadas a la estructura metálica y llevadas a una toma de tierra alejada de la vivienda y la nave. Unir mediante conductor Cu desnudo trenzado de 35mm sin diferencial.

2.9 Modos de consumo.

Como se ha observado en el apartado 3.1.2 Cálculos eólicos, la calidad del viento no siempre será lo suficientemente buena para que la turbina genere toda la demanda necesaria para la vivienda. Por lo tanto se deberá actuar en diferentes modos de carga y consumo de baterías y de la instalación solar de apoyo. Estos cinco modos de consumo explicados brevemente en el apartado 2.algo Alcance del proyecto. Para los cambios entre modos se harán en función de la energía generada por la turbina (energía 1), la energía demandada por la vivienda (energía 2) y el nivel de descarga de baterías (nivel descarga).

La demanda de la vivienda ha sido calculada en el apartado 2.mirarlo, Requisitos del diseño, y la energía generada por la turbina diariamente está calculada en el apartado 2.mirarlo .

La descarga de las baterías será como máximo un 50% para mantener y conservar sus propiedades y alargar su vida útil.

La curva de rendimiento de la turbina se ha mostrado en el apartado 2. Algo, y con los cálculos de la velocidad media del viento y la distribución de Weibull calculados en el apartado 3.1.2 Cálculos eólicos, se ha calculado la velocidad media límite del viento a la cual la turbina no es capaz de generar toda la demanda de la casa.

La velocidad límite de la turbina es de 5m/s, velocidad a la cual es capaz de suministrar toda la energía diaria a la casa.

En la siguiente tabla se muestran el porcentaje y la cantidad de días que la velocidad media ha sido inferior a 5 m/s.

Días con V menor que 5 m/s		
Año	Nº Días	Porcentaje
2015	88	24.11%
2016	84	23.01%
2017	95	26.03%
2018	26	16.88%

Tabla 16.Días con V menor a 5m/s

Utilizando la distribución de Weibull cuyos parámetros son:

Parametros de Weibull				
Año	Media	Desviación	C	k
Total	7.2649	3.2833	8.199330473	2.36909303

Tabla 17. Valores de los parámetros de Weibull

El resultado de la distribución para $V < 5 \text{ m/s}$ es $F(v < 5) = F(x) = 26.64 \%$. Esto significa que solo alrededor del 27% de los días la energía de la turbina no será suficiente para alimentar la demanda de la vivienda.

El primer modo de operación de la instalación será el modo de **Consumo**. En este modo se suministrará toda la potencia y generación de energía de la turbina para la demanda de la vivienda. Este modo se da cuando Energía 1 = Energía 2. El modo consumo se mantendrá cuando la velocidad del viento se mantenga entre **5m/s y 6.5m/s**. Utilizando la función de distribución de Weibull se predice que el porcentaje de días que se dará este modo es **$F(5 < v < 6.5) = 17\%$** . Así la turbina se encontrará en unos rangos de generación de entre **12200Wh y 19000Wh**, asegurando así el suministro energético de la demanda.

El segundo modo de la instalación será el modo **Consumo+Carga**. En este modo la turbina suministrará energía a la vivienda y si la generación es lo suficientemente potente, se encargará de cargar las baterías. Este modo se dará para velocidades del viento **superiores a 6.6m/s**. Utilizando la función de distribución de Weibull el porcentaje de días en los que se operará con este modo es **$F(v > 6.6) = 54.98\%$** . Así cuando la turbina genere más de **19000Wh**, toda la energía sobrante irá a parar a la carga de las baterías.

El tercer estado es el modo **Carga**, y se dará en momentos en los cuales la demanda energética de la vivienda (Energía 2) sea prácticamente nula. En este caso toda la producción del generador se concentrará en la carga de las baterías.

El cuarto modo de la instalación es el modo **Híbrido**, el cual se activará cuando la velocidad del viento sea menor que 5 m/s. Utilizando la función de distribución de Weibull el porcentaje de días es **$F(v < 5) = 26.3\%$** . Esto significa que la producción energética de la turbina es inferior a 12kWh, demanda media energética de la vivienda. En este modo se activará la instalación solar y se procederá a la descarga de baterías mientras continúe la escasez de viento.

Por último, el quinto modo de trabajo será el modo **Baterías+Solar**. Este modo se activará si la velocidad del viento es muy escasa, inferior a 2.5m/s, velocidad a la cual la turbina deja de generar. El porcentaje de días en los cuales esto puede ocurrir es **$F(v < 2.5) = 5.8\%$** . Este estado es muy poco frecuente, pero es probable por lo que las baterías más la instalación solar de apoyo suplirán la demanda de la vivienda.

Para casos extremos en los cuales el viento sea inferior a 2.5m/s durante 3 días seguidos ($P(F(<2.5) \cap F(<2.5) \cap F(<2.5)) = 0.058^3 = 0.019\%$), y las baterías estén ya al 50%, la demanda energética de la vivienda será suministrada a partir del grupo generador auxiliar. Cabe decir que este caso no se ha dado nunca en los cuatro años de estudio.

Todos estos modos estarán regulados por los inversores cargadores **5000 VA 48V MPPT 80A Must Solar**, capaces de regular directamente el funcionamiento de la instalación. Esta es una de las ventajas por las cuales han sido elegidos estos inversores.

2.10 Planificación

El proyecto se quiere llevar a cabo en un plazo de 110 días, diferenciando en 4 fases de ejecución:

- Preparación
- Diseño y ejecución
- Puesta en marcha
- Operación y mantenimiento.

Fase de Preparación

La fase de preparación tendrá una duración de 20 días y consistirá en lo siguiente:

- Recibimiento de las propuestas, análisis y elección, y adjudicación al contratista en modalidad llave en mano o EPC (Engeneering, Procurement and Construction) del proyecto, en base a los Presupuestos y a los pliegos de condiciones.
- Solicitud y aprobación de todos los permisos licencias y autorizaciones.

Fase de diseño y ejecución

La fase de diseño y ejecución tendrá una duración de 80 días:

- Diseño: Con una duración estimada de 15 días en la fase de diseño se definirá y modificará el diseño ya elegido en la fase de preparación. Una vez hablados todos los detalles de la instalación con el contratista, en este tiempo se dispondrá en detalle la forma y la ingeniería de ejecución, conforme a los pliegos y condiciones establecidos.
- Ejecución: con una duración de 65 días se realizará la construcción y ensamblaje de toda la instalación. Esto incluye toda la instalación previa necesaria, al igual que la instalación de la torre y de todo el entramado eléctrico y de tuberías.

Fase de Puesta en marcha

La fase de puesta en marcha constará de 10 días:

Consiste en la puesta en marcha de todos los sistemas y cerciorarse de su buen funcionamiento. Para ello es necesario los Certificados de Aceptación Provisional (una vez acabada la ejecución) y Aceptación Definitivo, una vez finalizado con éxito el periodo de pruebas.

Fase de mantenimiento

Una vez terminada la fase de puesta en marcha, se iniciará la fase de Operación y mantenimiento de la instalación.

Anexos

3.1 Cálculos

3.1.1 Cálculos instalación solar térmica

A continuación se desarrollará más en profundidad los cálculos realizados para el dimensionado y el diseño de la instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de ACS a la vivienda.

Todos los cálculos siguientes se realizarán acorde a la normativa vigente, haciendo especial hincapié en que se cumplan las restricciones y los valores mínimos explicados en el HE4- del CTE y en el RITE.

Datos iniciales

Ubicación de la instalación.

La instalación solar será colocada en una vivienda unifamiliar situada en San Lorenzo de El Escorial, Madrid, en la calle de la Residencia. Las coordenadas exactas de la instalación serán Latitud= 40º 36' Norte y Longitud= -4º 8' Oeste

3.1.1.2 Datos climáticos

Las condiciones ambientales y climáticas de la localización elegida son de gran importancia para el buen funcionamiento de la instalación, al igual que para su diseño y su dimensionado. A continuación se expondrán los diferentes datos climáticos tenidos en cuenta para el diseño de la instalación.

Zona climática:

La zona climática en la cual se situará la instalación es de vital importancia, ya que dependiendo de dicha zona los valores de radiación solar cambian. También según la diferente zona solar del territorio español, la normativa respecto a la fracción solar necesaria para el suministro de ACS varía.

San Lorenzo de el Escorial está situado en una zona climática buena para la colocación de la instalación solar térmica. Las diferentes zonas solares de España están divididas en cinco regiones, numeradas del I al V dependiendo del aporte de radiación solar por metro cuadrado de media anual diaria.

Tabla 4.4. Radiación solar global media diaria anual

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Figura 37. Tabla 4.4 del HE4-CTE. Radiación solar anual media diaria

A continuación se muestra un mapa del CTE que muestra las diferentes zonas solares de España, con sus respectivos valores.

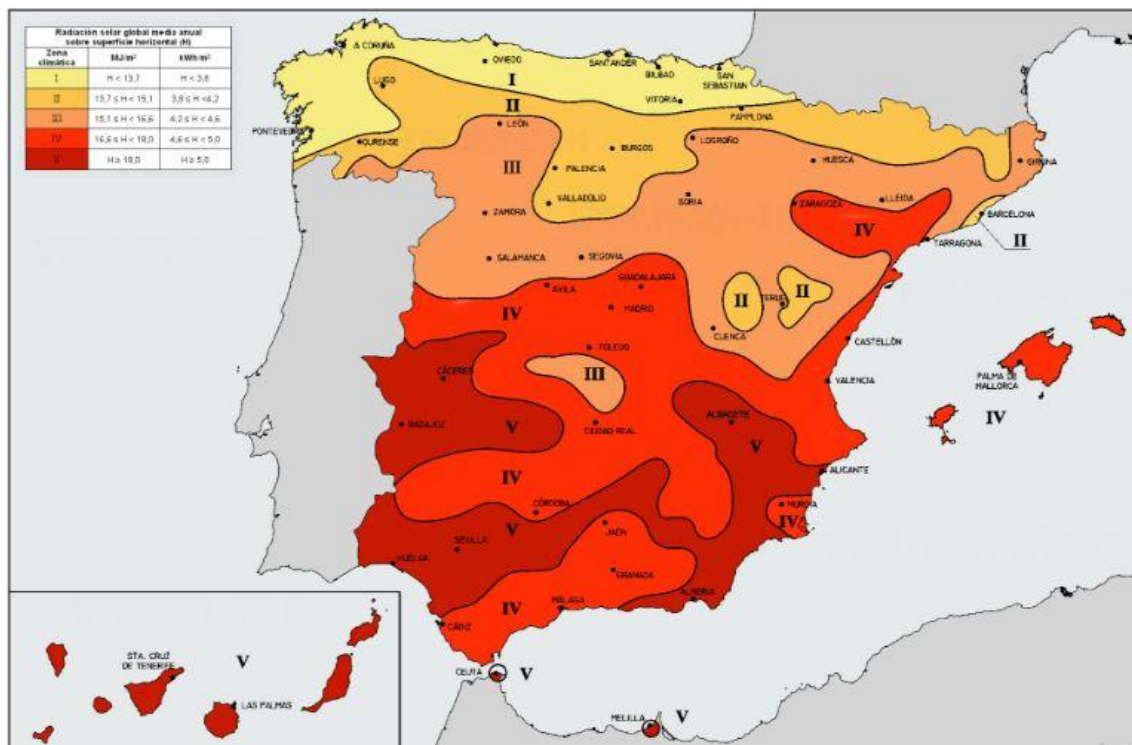


Figura 38. Zonas solares de España.

Se puede observar que la comunidad de Madrid está dividida entre la zona VI y la zona III. En la siguiente imagen se puede observar con más detalle esta división, y así determinar de mejor forma la zona solar de San Lorenzo de El Escorial.

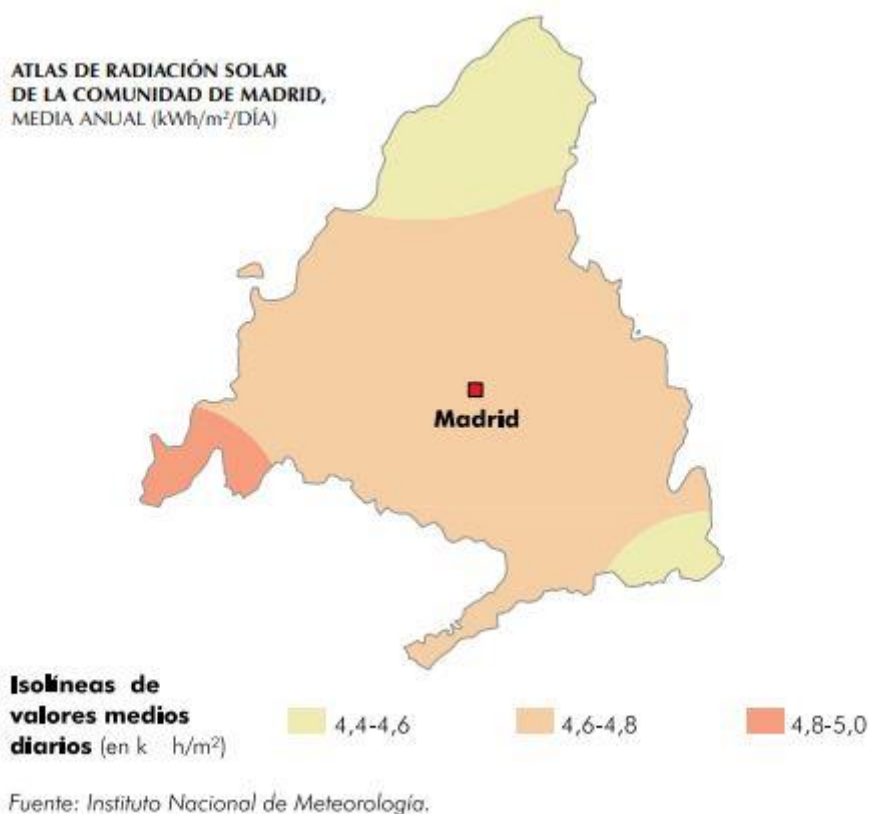


Figura 39. Zonas solares de Madrid

En este mapa se puede observar con más claridad que San Lorenzo de El Escorial se encuentra en la Zona IV, con unos valores de radiación medios de entre 4.6 y 4.8 kWh/m²día. Esta zona es la segunda mejor para la localización de instalaciones solares, y los valores de radiación son lo suficientemente altos como para ser completamente viable.

Cabe decir que estos datos no son completamente fiables, por lo tanto es necesario un estudio de los datos solares para verificar que la instalación cumple las diferentes normativas impuestas por el CTE y el RITE.

Datos de Irradiación y de temperatura.

Para el cálculo de los datos de irradiación media por día dependiendo de cada mes se han buscado de varias fuentes. Las fuentes escogidas han sido la herramienta CHEQ4, la cual se usará para la comprobación del diseño de la instalación. Al introducir la localidad nos muestra los diferentes datos de radiación solar(H), temperatura ambiente media (T.Amb) y temperatura de suministro de agua de la red (T.Red)

	Rad(MJ/m2)	Rad(kwh/m2)	T.Red (Cº)	Tamb(Cº)
Enero	8.2	2.21	5.4	2.2
Febrero	11.7	3.16	5.4	3.4
Marzo	16.7	4.51	7.4	5.9
Abril	20.7	5.59	9.4	8.2
Mayo	23.8	6.43	11.4	12
Junio	27.9	7.53	14.4	16.7
Julio	28.9	7.80	17.4	20.4
Agosto	25.2	6.80	16.4	19.9
Septiembre	19.7	5.32	14.4	16.5
Octubre	12.8	3.46	10.4	10.7
Noviembre	8.7	2.35	7.4	5.4
Diciembre	6.7	1.81	5.4	2.4
Media anual	17.6	4.75	10.4	10.3

Tabla 18. Datos medios diarios de radiación solar mensual y de temperatura del agua y ambiente.

Los otros datos de radiación solar que se han toma fueron escogidos de adrase.com, pagina web que da acceso a diferentes datos solares de toda la península ibérica. Los datos recogidos son las medidas anuales del año 2017, tomadas mes a mes, con las medidas de irradiación media y sus respectivos percentiles.

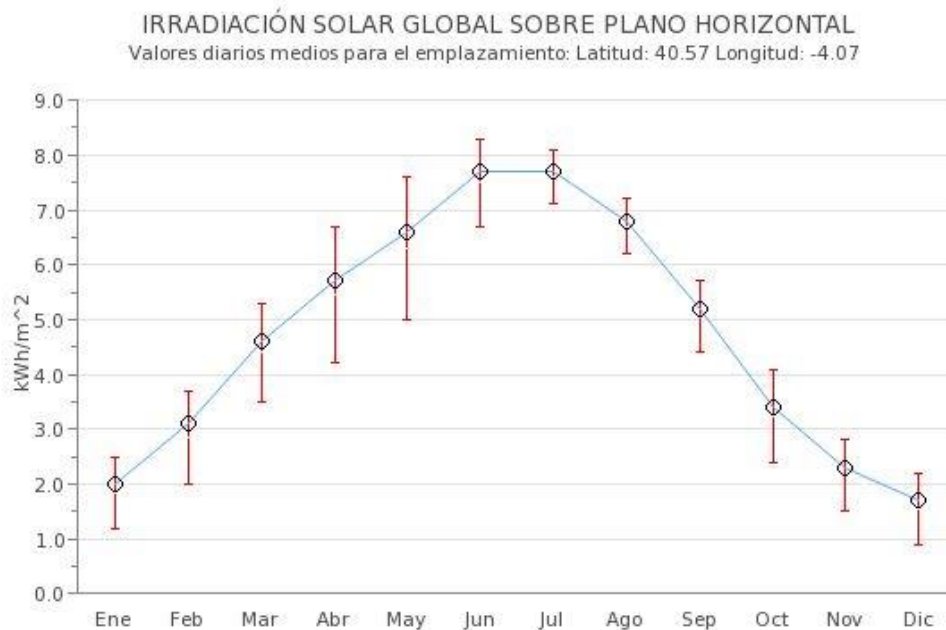


Figura 40. Radiación solar media diaria en función del mes

Datos de la instalación convencional

La instalación convencional que se quiere sustituir por el sistema de suministro ACS por energía solar térmica sería una caldera convencional de gas natural, una capacidad de 100l y una potencia de 19kw. La instalación solar térmica de baja temperatura pretende sustituir esta caldera, disminuyendo así la necesidad energética.

3.1.1.2 Cálculo de la demanda.

Demanda de ACS

Para el cálculo de la demanda de ACS se utilizará los valores que vienen expuestos en el HE4-CTE. La siguiente tabla(Tabla 4.1 Demanda de referencia

60 °C muestra las diferentes demandas dependiendo del tipo de consumo que se va a realizar. Todas las diferentes demandas están calculadas a 60 °C.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Figura 41. Demandas de ACS en función del tipo de consumo

En el caso de la instalación solar, al tratarse de una vivienda unifamiliar la necesidad de ACS será de 28l/persona·día

La vivienda en la cual se establecerá la instalación solar constará de 4 ocupantes, por lo tanto, la demanda diaria de la vivienda, y por lo tanto de la instalación, será la siguiente:

$$D_{acs} = 28 \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 4 \text{ personas} = 112 \text{ litros/día}$$

3.1.1.3 Fracción de la demanda solar

Una vez conocida la zona climática y la demanda de ACS de la instalación, se requiere saber cuál es la fracción mínima de contribución solar requiere nuestra vivienda para que cumpla la normativa expuesta en el HE4-CTE.

En el documento HE4 aparecen las siguientes contribuciones mínimas expuestas en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.					
Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Figura 42. Tabla 2.1 del HE4-CTE. Contribución solar mínima anual de ACS

Según los datos de la zona y la demanda se puede observar que la contribución mínima que se exige a una instalación solar localizada en la Zona IV y con una demanda de ACS de 112l/día es del 50%.

3.1.1.4 Demanda energética

A continuación se expondrá el cálculo de la demanda energética anual y mensual para el correcto suministro de ACS a la vivienda.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Q = D_{acs} * \rho * C_p * (T_{acs} - T_{red}) * N$$

Dónde:

- Q= demanda energética (kcal/mes)
- D_{acs}= demanda de ACS(112 litros/día)
- ρ = densidad del agua (1kg/litro)
- C_p=calor específico del agua (1kcal/kg·K)
- T_{acs} = temperatura del agua caliente sanitaria (60°C)
- T_{red} = temperatura del agua de la red (°C, depende del mes)
- N = número de días del mes.

Cabe destacar que, tanto el calor específico como la densidad del agua varían con la temperatura de entra del agua desde la red. Este cambio se ha decidido despreciarlo debido a su muy pequeña repercusión en los cálculos, dado que la diferencia de temperaturas no es trascendente.

A continuación se muestra una tabla con los diferentes meses, temperatura de la red y demanda energética de cada mes.

Calculo energético	Tsuministro	T.Red (Cº)	Dif T	Volumen ACS	Energia(kcal/dia)	Q (kcal/Mes)
Enero	60	5.4	54.6	3472	6115.2	189571.2
Febrero	60	5.4	54.6	3472	6115.2	189571.2
Marzo	60	7.4	52.6	3472	5891.2	182627.2
Abril	60	9.4	50.6	3472	5667.2	175683.2
Mayo	60	11.4	48.6	3472	5443.2	168739.2
Junio	60	14.4	45.6	3472	5107.2	158323.2
Julio	60	17.4	42.6	3472	4771.2	147907.2
Agosto	60	16.4	43.6	3472	4883.2	151379.2
Septiembre	60	14.4	45.6	3472	5107.2	158323.2
Octubre	60	10.4	49.6	3472	5555.2	172211.2
Noviembre	60	7.4	52.6	3472	5891.2	182627.2
Diciembre	60	5.4	54.6	3472	6115.2	189571.2

Tabla 19. Demanda energética mensual

A continuación se muestra en la siguiente tabla las medidas de la demanda energética de cada día y mes en kwh/día y kwh/mes:

Calculo energético	Energia(kwh/día)	Energia(kwh/mes)
Enero	7.107	220.323
Febrero	7.107	220.323
Marzo	6.847	212.253
Abril	6.587	204.183
Mayo	6.326	196.112
Junio	5.936	184.006
Julio	5.545	171.901
Agosto	5.675	175.936
Septiembre	5.936	184.006
Octubre	6.456	200.147
Noviembre	6.847	212.253
Diciembre	7.107	220.323
Anual	6.456	2401.768

Tabla 20. Demanda energética de ACS de la vivienda.

En la figura 43 se pueden observar los datos de demanda energética mensual en una gráfica:

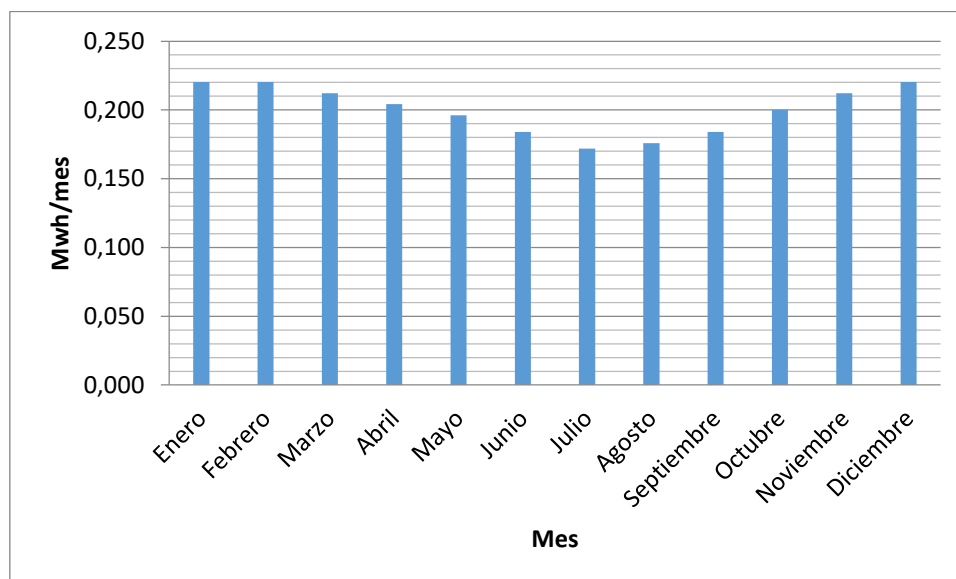


Figura 43. Gráfica de la demanda energética.

3.1.1.5 Dimensionado del sistema de captación

El sistema de captación será el cual reciba la irradiación solar y es el que transforma dicha energía en calor para el suministro de ACS. Para su dimensionado y posicionamiento se calculará primero su orientación e inclinación. Más adelante se calculará la superficie de captación necesaria dependiendo de la contribución mínima, las pérdidas por inclinación y orientación y otros factores como las pérdidas por sombras.

Orientación e inclinación

La orientación y la inclinación de los captadores determinarán en gran medida la eficiencia de estos. Por lo tanto es importante un correcto diseño de estos parámetros.

El ángulo de orientación se define como ángulo de azimut (α) y se toma como ángulo 0º la orientación sur.

La Inclinación (β) es el ángulo formado por el captador y la horizontal.

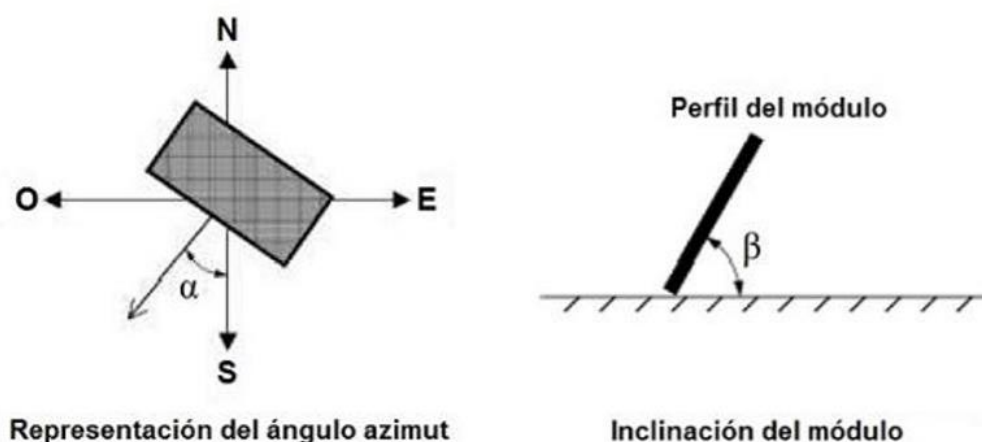


Figura 44. Representación de los ángulos de azimut e inclinación

Orientación:

La orientación óptima es siempre en dirección sur. Esto es por el hecho de que, al estar en el hemisferio norte la incidencia del sol sobre la tierra siempre proviene de dirección sur. Siempre que sea posible la orientación de los captadores y placas fotovoltaicas será de 0º sur.

La construcción de la vivienda se realizará con el tejado en dirección sur, con un ángulo de azimut de -15° , por lo tanto al situar los captadores en el tejado de la vertiente sur tendrán la misma orientación.

Inclinación.

El grado de inclinación determinará cual será el ángulo que generará los captadores con la horizontal, situada en el suelo. El HE4-CTE nos dice lo siguiente respecto a la inclinación:

Se considerará como inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- a. Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- b. Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10° .
- c. Demanda preferente en verano: latitud geográfica – 10° .

Siendo una demanda constante anual, se cogerá como inclinación óptima la latitud de la instalación. Por lo tanto la inclinación de la instalación de los captadores será de 40° con la horizontal.

Calculo de las pérdidas debido a la inclinación y orientación.

Las pérdidas debidas a la inclinación y a la orientación están limitadas por el HE4-CTE. La siguiente tabla muestra los diferentes límites de estas pérdidas:

Tabla 2.3 Pérdidas límite			
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Figura 45. Tabla 2.3 del HE4-CTE. Límite de pérdidas por inclinación

Al encontrarnos en el caso general tendremos que conseguir que dichas pérdidas sean inferiores al 10%

Una vez sabemos los ángulos con los cuales queremos diseñar ($\alpha = -15^\circ$ y $\beta = 40^\circ$), se utilizará la siguiente figura para determinar el grado de incidencia de radiación solar a los captadores:

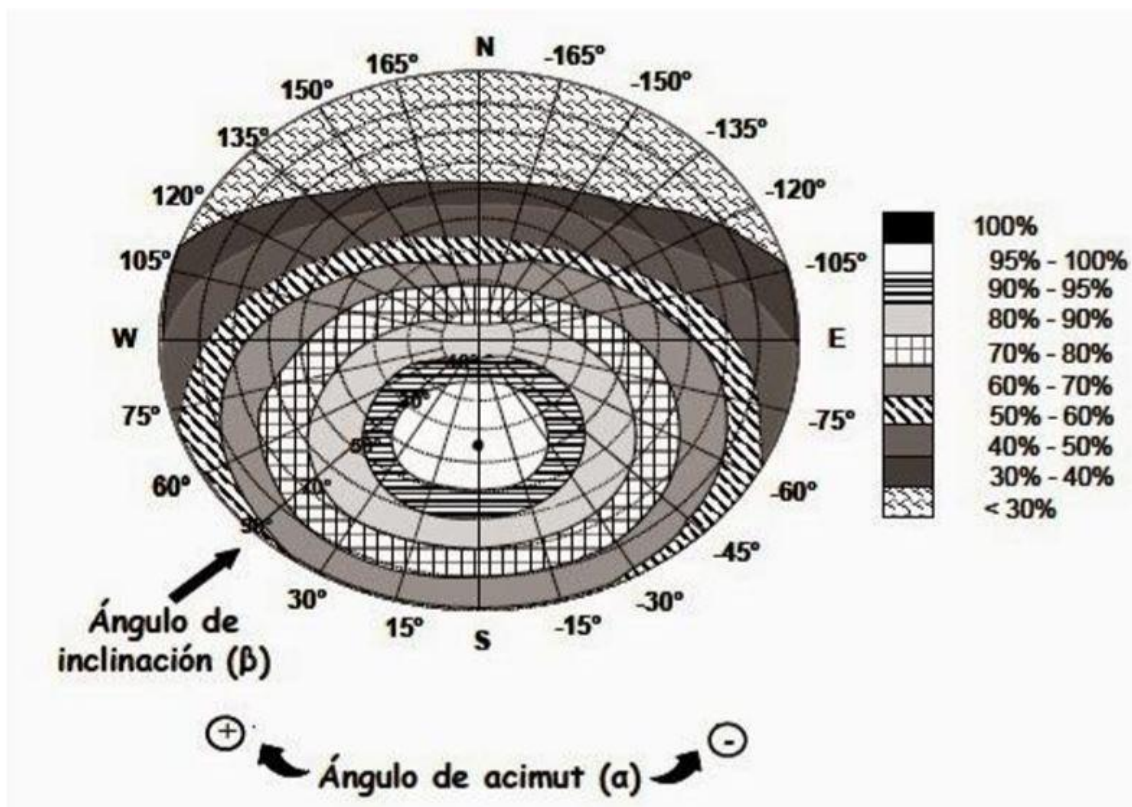


Figura 46. Porcentaje de captación en función de los ángulos de azimut e inclinación

Según la figura el grado de incidencia de nuestra instalación se localizará entre un 95% y un 100%.

Para un cálculo más exacto de las pérdidas por la orientación e inclinación se procederá a utilizar esta fórmula:

$$Perdidas(\%) = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt}) + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2)$$

Utilizando los ángulos de nuestra instalación, las pérdidas por orientación y por inclinación son P=0.796%.

Calculo de la superficie de captación

El área de captación se calculará mediante la demanda de energía de ACS del mes menos favorable. Para ello se utilizarán los datos de la demanda energética de ACS de cada mes, calculada anteriormente. Una vez tengamos las demandas se calculará la demanda mínima que debe ser contribuida por la instalación solar. Según el HE4-CTE esta demanda debe ser de al menos el 50%. También se debe tener en cuenta cual es el mes más desfavorable en cuanto a irradiación solar por metro cuadrado.

La siguiente tabla resume los datos de irradiación solar al mes, demanda energética de ACS y la contribución de energía mínima por la instalación solar:

Calculo energético	Rad diaria media H(kwh/m2)	Energia(kwh/dia)	Energía mínima diaria demandada por el rite(50%)
Enero	2.21	7.107	3.553603872
Febrero	3.16	7.107	3.553603872
Marzo	4.51	6.847	3.423435232
Abril	5.59	6.587	3.293266592
Mayo	6.43	6.326	3.163097952
Junio	7.53	5.936	2.967844992
Julio	7.80	5.545	2.772592032
Agosto	6.80	5.675	2.837676352
Septiembre	5.32	5.936	2.967844992
Octubre	3.46	6.456	3.228182272
Noviembre	2.35	6.847	3.423435232
Diciembre	1.81	7.107	3.553603872

Tabla 21. Energía captada por los captadores solares.

Según muestra la Tabla 16 se puede observar que el mes desfavorable será Diciembre, por lo tanto el cálculo del área de captación para la instalación se debe de realizar a partir de esos datos.

El área de captación de la instalación debe ser de al menos:

$$A_{cap} = \frac{E_{min}(dic)}{H(dic)} = \frac{3.553}{1.81} = 1.96 \text{ m}^2$$

El área mínima de captación de la instalación debe de ser de 1.96 m².

Para la instalación se ha elegido un captador Roth 252 S4 STECK con un área de captación de 2.27 m²

3.1.1.6 Calculo del volumen de acumulación

Según el HE4-CTE, para que el rendimiento de la instalación sea óptimo es necesario que se cumpla la siguiente relación con respecto al área de captación y al volumen de acumulación:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

V = volumen de acumulación

A = superficie total de captación

Dado que el área de captación que se va a utilizar será de 2.27 m^2 , el volumen de captación de la instalación deberá estar comprendido entre los siguientes valores:

$$50 * A < V < 180 * A$$

Por lo tanto:

$$V > 113.5 \text{ L}$$

$$V < 408.6 \text{ L}$$

El depósito de acumulación que se va a utilizar para la instalación será un deposito Acumulación Vitrificado de 1 serpentín marca Roth de 200L.

Calculo de los equipos de intercambio.

En esta instalación se ha optado por utilizar un intercambiador de serpentín ubicado dentro del depósito de acumulación.

El documento HE4-CTE estipula se debe mantener una relación mínima entre el área de captación y el área de intercambio entre el circuito primario y el agua acumulada. Esta relación es la siguiente:

$$\frac{\text{Superficie de intercambio}}{\text{Superficie de captación}} \geq 0.15$$

Sabiendo que el área de captación es de 2.27 m^2 , la superficie de intercambio debe cumplir que:

$$\text{Superficie de intercambio} \geq \text{Superficie de captación} * 0.15$$

Por lo tanto la Superficie de intercambio debe ser mayor o igual a 0.34 m^2 .

El depósito de acumulación elegido tiene un área de intercambio de 0.91 m^2 , por lo que cumple los requisitos de diseño estipulados por el HE4-CTE.

3.1.2 Cálculos eólicos

3.1.2.1 Cálculos de la calidad del viento

Para el cálculo de la energía suministrada por el aerogenerador se ha hecho un estudio exhaustivo de la calidad del viento en la zona de la instalación. Se han estudiado los datos de los vientos diarios de la localidad de San Lorenzo de El Escorial por 4 años

para que los resultados obtenidos sean lo más fiables posible. Estos datos han sido extraídos de la página web www.meteoclimatic.net. Esta página web cuenta con los datos históricos de la media del viento de la localidad por lo que los resultados obtenidos tienen un gran rango, aumentando así la fiabilidad del estudio.

Para ello se han calculado las velocidades medias del viento por mes, estación y año.

La tabla muestra los valores medios de la velocidad del viento respecto del mes:

Media por mes		
	km/h	m/s
Enero	34.26	9.517
Febrero	32.11	8.921
Marzo	31.32	8.699
Abril	25.91	7.198
Mayo	26.35	7.321
Junio	26.23	7.286
Julio	28.07	7.797
Agosto	25.95	7.209
Septiembre	25.75	7.153
Octubre	20.01	5.558
Noviembre	21.13	5.869
Diciembre	20.62	5.727

Tabla 22. Velocidades medias por mes

Como se puede observar en todos los meses la velocidad media es superior a 5m/s, velocidad a la cual el aerogenerador no sería capaz de suplir la demanda energética.

La siguiente tabla muestra los valores medios de la velocidad del viento en cada estación de los años de estudio:

Media del viento por estación		
	km/h	m/s
Invierno	30.83	8.563756242
Primavera	26.90	7.472298768
Verano	27.02	7.504830918
Otoño	20.83	5.785829308

Tabla 23. Velocidades medias por estación

Se puede observar que la estación con peor calidad del viento es otoño, ya que los meses de menor calidad del viento son Septiembre, octubre y noviembre.

Como se puede observar en todas las estaciones, la velocidad media es superior a 5m/s, velocidad a la cual el aerogenerador no sería capaz de suplir la demanda energética.

La tabla muestra los valores medios de la velocidad del viento en cada año de estudio:

Media de viento anual		
	km/h	m/s
2015	24.72	6.8669
2016	25.06	6.9616
2017	26.59	7.3864
2018	31.21	8.6682

Tabla 24. Velocidad media por año

Se puede observar que en todos los años la velocidad media supera los 5 m/s, asegurando así el suministro energético del aerogenerador.

Para la predicción del viento hace falta utilizar una distribución de probabilidad de Weibull, ya que los vientos no siguen una distribución normal.

A continuación se muestran las diferentes gráficas de las frecuencias del viento en función de su velocidad. Cada gráfica representa cada año del estudio del viento. Utilizando el programa estadístico SPSS de IBM el estudio de estos datos ha sido mucho más fácil de gestionar.

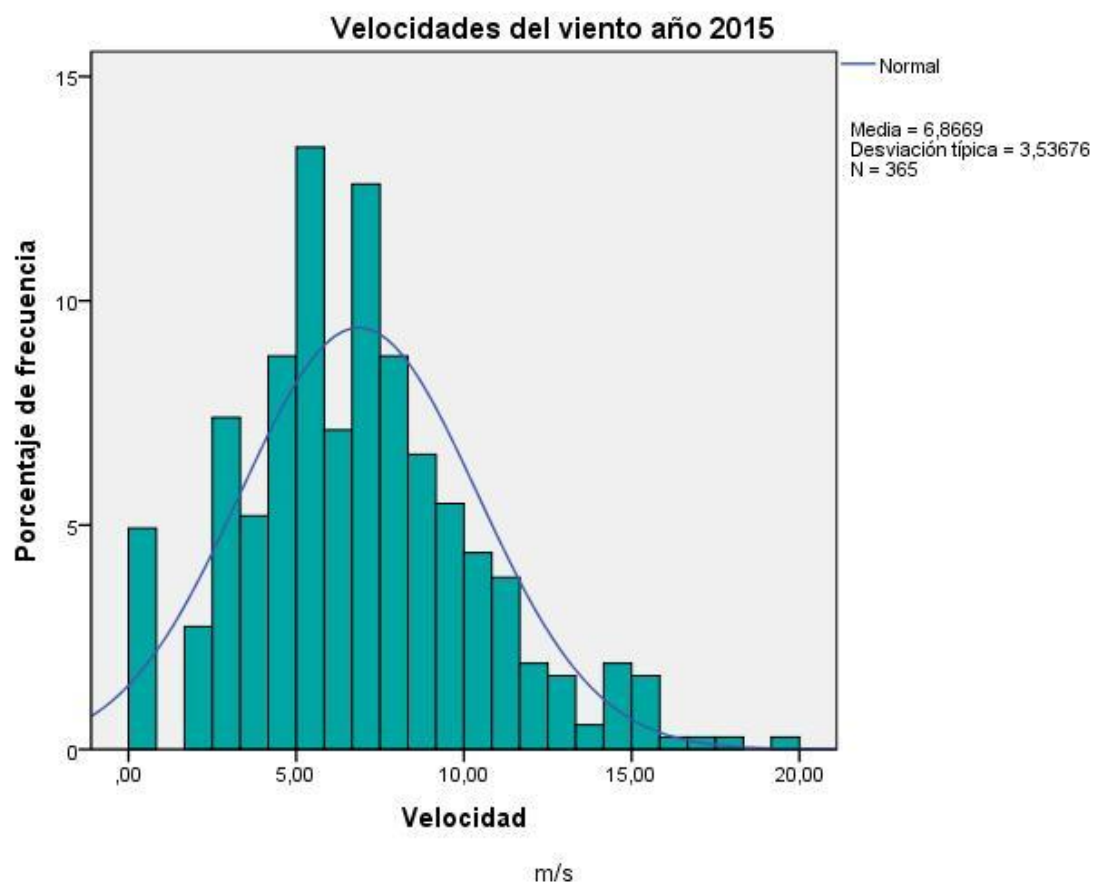


Figura 47. Distribución del viento año 2015

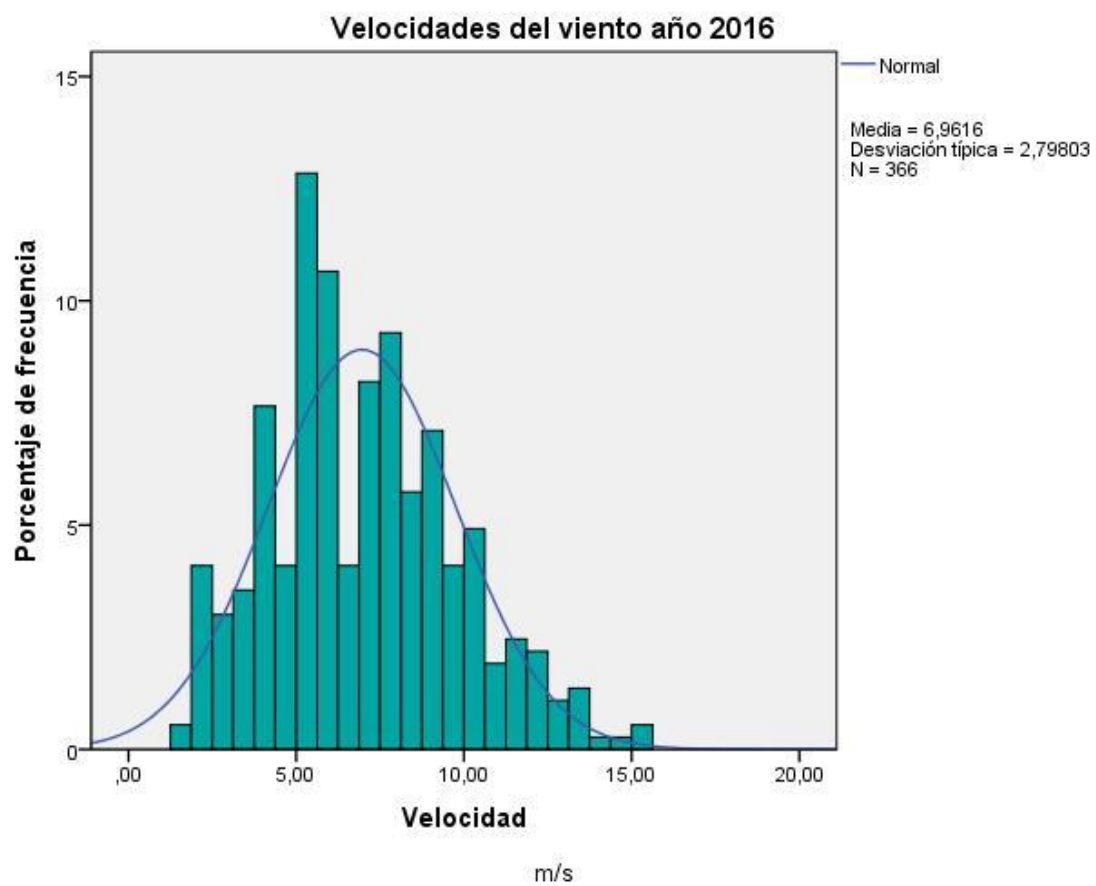


Figura 48. Distribución del viento año 2016

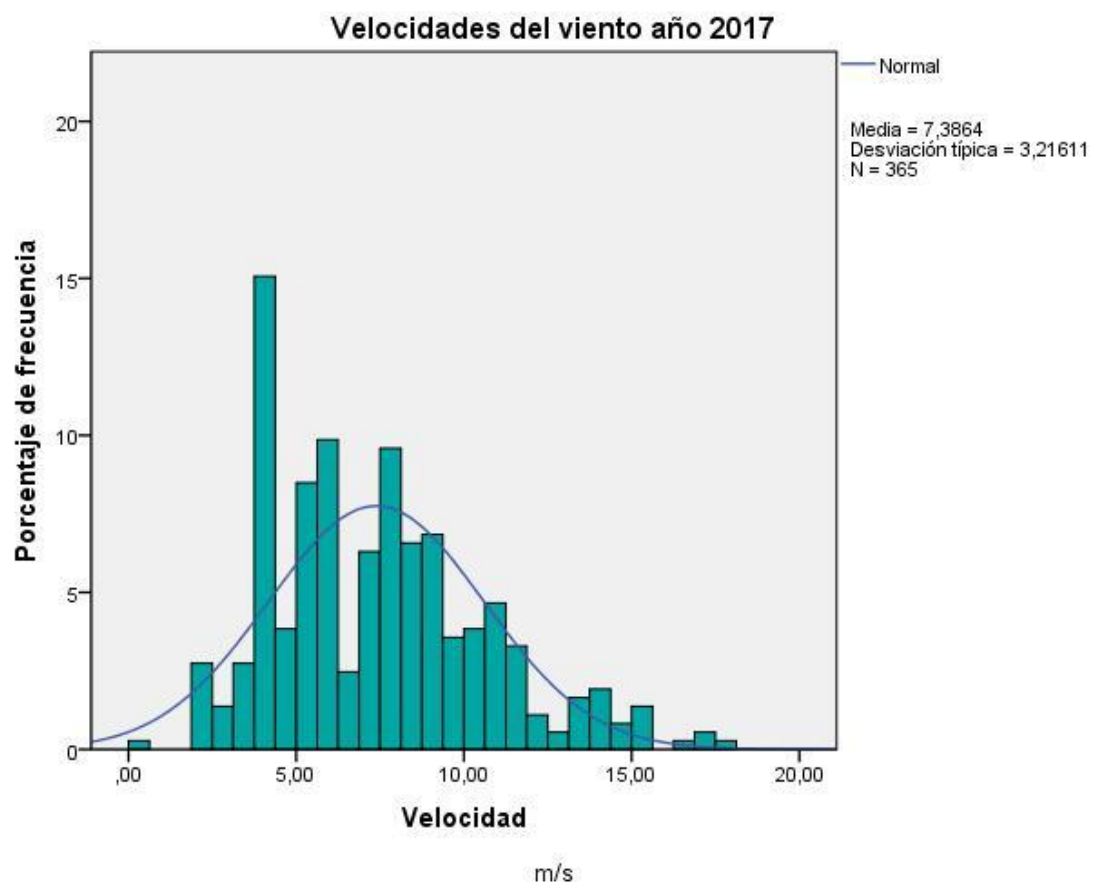


Figura 49. Distribución del viento año 2017

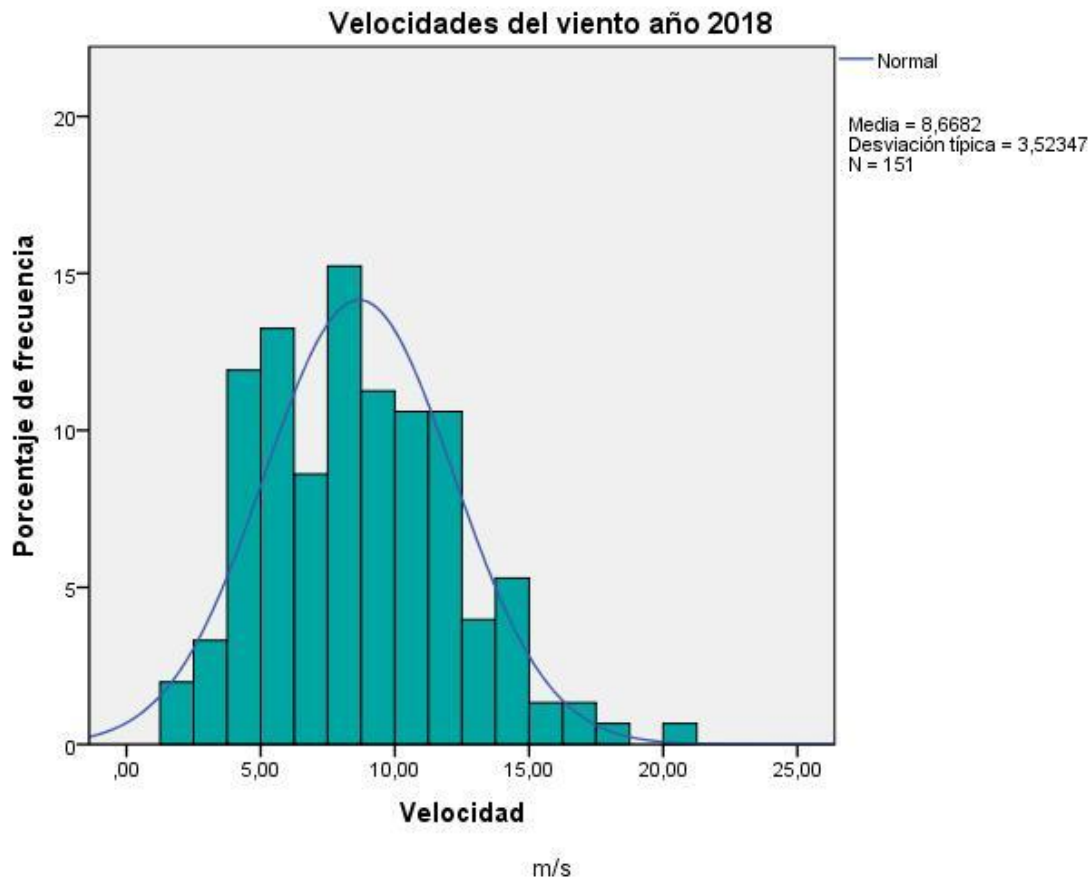


Figura 50. Distribución del viento año 2018

Los parámetros de la distribución de Weibull se pueden obtener mediante los cálculos en función de la desviación típica y la velocidad media del viento, con las siguientes ecuaciones:

$$k = \left(\frac{\sigma_u}{\bar{v}} \right)^{-1.086}$$

$$c = \bar{v} \left(0.568 + \frac{0.433}{k} \right)^{-\frac{1}{k}}$$

Donde los parámetros son:

- k: factor de forma.
- c: factor de escala.
- $\bar{v}$: velocidad media del viento a la altura a la que se dispone la información.
- σ : desviación típica de la velocidad media del viento.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros calculados de Weibull para cada año:

Weibull				
Año	Media	Desviación	C	k
2015	6.8669	3.53676	7.755711935	2.0555899
2016	6.9616	2.798	7.829638392	2.69094879
2017	7.3864	3.21611	8.329242041	2.46692925
2018	8.6682	3.5234	9.753184971	2.65821517

Tabla 25. Parámetros de la distribución de Weibull

A continuación se muestra el valor final de la media del viento total a lo largo de los 4 años de estudio, al igual que su desviación típica y los parámetros de Weibull asociados.

Resultado final del estudio				
Año	Media	Desviación	C	k
Total	7.2649	3.2833	8.199330473	2.36909303

Tabla 26. Datos finales del estudio eólico

Estudio de días de viento por debajo de la velocidad de arranque y velocidad menor a 5m/s.

Un factor importante para el estudio de la viabilidad de la instalación es la cantidad de días al año en los cuales el viento no es lo suficiente para activar el aerogenerador, y los días que la generación del aerogenerador no es suficiente para suplir la demanda energética media de la vivienda.

Con ayuda del programa informático SPSS se ha hecho el recuento de días de cada año en los cuales los vientos eran inferiores a la velocidad de arranque del aerogenerador. La velocidad de arranque del aerogenerador es de 2 m/s. El estudio se hará con 2.5 m/s, para tener un margen de seguridad a la toma de datos.

Las siguientes tablas muestran los resultados del estudio por cada año:

Año 2015

Resúmenes de casos			
		Número de caso	Velocidad
1		304	2,44
2		312	2,22
3		318	2,44
4		336	2,22
5		337	2,44
6		340	2,00
7		347	2,22
8		348	2,22
9		353	2,44
10		364	2,22
Total	N		10

Tabla 27. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2015

Año 2016

Resúmenes de casos			
		Número de caso	Velocidad
1		384	2,22
2		387	2,22
3		399	2,22
4		400	1,56
5		660	2,44
6		661	2,44
7		663	2,22
8		672	2,00
9		691	2,22
10		708	1,78
11		710	2,22
12		714	2,00
13		725	2,44
14		728	2,00
15		729	2,22
16		731	2,22
17		732	2,44
Total	N		17

Tabla 28. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2016

Año 2017

Resúmenes de casos			
		Número de caso	Velocidad
1		734	2,00
2		740	2,22
3		778	2,44
4		847	,44
5		852	2,44
6		1029	2,44
7		1052	2,22
8		1057	2,22
9		1064	2,22
10		1065	2,22
11		1072	2,22
Total	N		11

Tabla 29. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2017

Año 2018:

Resúmenes de casos			
		Número de caso	Velocidad
1		1107	2,22
2		1165	2,22
3		1190	2,22
Total	N		3

Tabla 30. Casos de viento menor que 2.5 m/s 2018

Los días en los cuales el viento ha sido inferior a 2.5 m/s han sido muy pocos, menos del 5% de los días.

En la siguiente tabla se expresa el porcentaje de días con vientos menores a 2.5 m/s:

Días con V menor que 2.5 m/s		
Año	Nº Días	Porcentaje
2015	10	2.74%
2016	17	4.66%
2017	11	3.01%
2018	3	0.82%

Tabla 31. Porcentaje de días con menos de 2.5 m/s de viento

Estos datos eólicos son pasados y sirven solamente como una estimación.

Otra forma con la cual se puede hacer una predicción del porcentaje de días inferiores a 2.5 m/s es utilizando la función de distribución de Weibull, cuyos parámetros han sido calculados previamente.

La función de distribución de Weibull viene dada por la siguiente expresión:

$$F(x; k, \lambda) = 1 - e^{-(x/\lambda)^k}$$

Donde:

- K = *parámetro de forma*
- C (λ) = *parámetro de escala*

El resultado de la función para $x=2.5$ m/s es: $F(x)=5.82\%$ es la probabilidad de que los vientos sean inferiores a 2.5 m/s.

Para el estudio de los días con vientos menores a 5m/s se ha realizado la misma operación. El resultado del estudio se puede observar en la siguiente tabla:

Días con Vmenor que 5 m/s		
Año	Nº Días	Porcentaje
2015	88	24.11%
2016	84	23.01%
2017	95	26.03%
2018	26	7.12%

Tabla 32. Porcentaje de días con menos de 5 m/s de media de viento

Mediante el uso de la función de distribución de Weibull el resultado es $F(x)=26.64\%$ de los días tendrán vientos menores a 5 m/s, lo que supone que será necesaria la descarga de las baterías.

3.1.2.2 Límite de Betz

Un factor importante al calcular la potencia eólica de la turbina es que no toda la potencia generada por el viento es posible transmitirla a la turbina. A parte de posibles pérdidas energéticas dentro de la turbina debidas al rozamiento y a las pérdidas del generador, existe una gran pérdida de potencia entre la potencia del viento y la potencia que puede generar la turbina. Esta pérdida de potencia está denotada por medio del Límite de Betz.

El límite de Betz estipula que la máxima eficiencia energética que se puede llegar a alcanzar en una turbina, ya sea de cualquier tamaño, tipo y localización de esta, no puede ser mayor que el 59.3%.

A continuación se explicará con detalle este hecho y el porqué de este límite.

La energía que recoge la turbina proviene del viento. Esa energía que transporta el viento es la energía cinética de la masa de aire que se mueve a una determinada velocidad. El viento al pasar a través de la turbina reduce su velocidad, reduciendo así su energía cinética. Ese diferencial de energía es el que se transmite a la turbina. Esa pérdida de energía se puede definir como la diferencia de energías cinéticas del viento, antes y después de pasar por la turbina.

La ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$Ec = \frac{1}{2} * m * (V1^2 - V2^2)$$

Siendo:

- V1: velocidad inicial del viento a su paso por la turbina
- V2: Velocidad final del viento a su paso por la turbina
- M: masa de aire que atraviesa la turbina

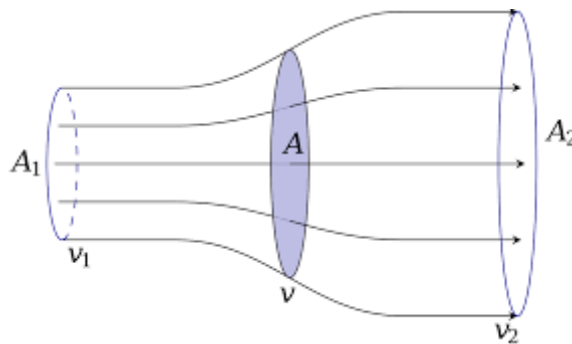
- E_c : energía cinética perdida por el aire

El caudal másico del aire viene dado por la expresión:

$$Q_m = \rho * Q = \rho * A_1 * v_1 = \rho * A_2 * v_2 = \rho * A_{tur} * V_i$$

Siendo:

- Q_m : caudal másico
- Q : caudal del aire
- Esta expresión de igualdad explica el porqué de que la corriente de aire se ensanche al pasar a través de la turbina.



La potencia útil de la turbina se puede expresar de dos maneras diferentes:

1. Pérdida de energía cinética por unidad de tiempo:

$$P_{util} = \frac{-\Delta E_k}{\Delta t} = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{\Delta t}$$

Por lo tanto la potencia que obtiene la turbina por medio de balance de energías es:

$$P_t = \frac{1}{2} * \rho * V_i * A * (V_1^2 - V_2^2)$$

Siendo:

- A : área de barrido de la turbina
- ρ : densidad del aire
- P_t : potencia obtenida del aire

- V_i : velocidad del viento incidente en la turbina

2. Trabajo generado por unidad de tiempo:

$$P_{util} = F * v = \frac{\rho * A * d(v_1 - v_2)}{\Delta t} * v$$

Por lo tanto la potencia que recibe la turbina por medio del estudio del trabajo generado se obtiene:

$$P_{util} = \rho * A * v^2 * (v_1 - v_2)$$

Igualando ambas expresiones se obtiene:

$$\rho * A * v_i^2 * (v_1 - v_2) = \rho * A * v_i * (v_1^2 - v_2^2)$$

De esta igualdad utilizando la identidad notable $(a^2 - b^2) = (a+b)*(a-b)$ tenemos que $v = (v_1 + v_2)/2$. En el modelo de Betz la velocidad del viento incidente en la turbina es la media entre la velocidad de entrada y la de salida.

Sabiendo que $v_2 < v_1$, se puede expresar $v_2 = b * v_1$, siendo $0 < b < 1$.

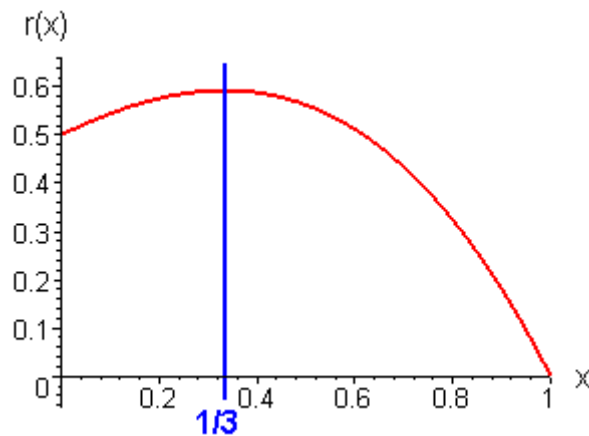
Al utilizar esta igualdad en la formula anterior se obtiene la siguiente expresión:

$$P_{util} = \frac{1}{2} * \rho * A * \left(\frac{v_1 + b v_1}{2} \right) * (v_1^2 - b^2 v_1^2) = \frac{1}{4} * \rho * A * v_1^3 * (1 + b)(1 - b^2)$$

Para determinar el valor máximo de la potencia útil se obtiene realizando la operación $dP_{util}/db = 0$, que nos da la siguiente expresión:

$$(1 - b^2) + (1 + b) * (-2b) = (1 + b) * (1 - 3b) = 0$$

De esta expresión se obtienen dos valores de b ; $b = -1$ (sin sentido físico) y $b = 1/3$. Esto quiere decir que el máximo rendimiento eólico se consigue cuando la velocidad inicial es 3 veces mayor que la velocidad final del viento.



Tomando el valor de $b=1/3$ se obtiene que el valor máximo de P útil es:

$$P_{util} = \left(\frac{16}{27}\right) * \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

El coeficiente de potencia máximo ideal, o límite de Betz viene denominado por la expresión:

$$C_p = 16/27 = 59.3\%$$

3.1.2.3 Cargas de viento de la estructura del aerogenerador.

Las estructuras al bloquear el flujo del viento sufren una presión equivalente a la pérdida de energía cinética del viento. En el caso de un aerogenerador pasa lo mismo, ya que parte de la energía cinética del viento es trasladada al aerogenerador, creando una presión en las aspas que hacen que estas se muevan, pero también generan una carga transversal a la estructura del aerogenerador. Por lo tanto se debe calcular las cargas del viento para el dimensionado de la estructura.

La fuerza que ejerce el viento viene dada por la presión dinámica que ejerce el viento sobre el área del aerogenerador.

La presión dinámica del viento viene dada por la siguiente expresión:

$$q = 1/2 * \rho * v^2 \quad (1)$$

Dónde:

- q : presión dinámica
- ρ : densidad del aire

- v : velocidad del viento

De acuerdo con la Norma ASCE 7-10, esta ecuación se modifica a fin de tomar en cuenta la importancia de la estructura, su altura, y el terreno en que se localiza. Se representa como:

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

(2)

Siendo:

V = la velocidad en m/s de una ráfaga de viento de 3 segundos medida a 10 m del suelo. Los valores específicos dependen de la "categoría" de la estructura obtenida a partir de un mapa eólico.

K_z = el coeficiente de exposición a la presión de la velocidad, la cual es una función de la altura y depende del terreno. En la tabla se listan los valores de una estructura que se encuentra a terreno abierto, con obstrucciones bajas dispersas.

m	K_z
0-4.6	0.85
6.1	0.90
7.6	0.94
9.1	0.98
12.2	1.04
15.2	1.09

Tabla 33. Valores de K_z en función de m

K_{zt} = un factor que toma en cuenta los aumentos de la velocidad del viento debido a colinas y acantilados Para el terreno plano $K_{zt} = 1.0$.

K_d = un factor que toma en cuenta la dirección del viento. Se usa sólo cuando la estructura está sometida a combinaciones de cargas. Cuando el viento actúa por sí solo, $K_d = 1.0$.

De esta forma la fuerza que ejerce el viento sobre el aerogenerador será:

$$F = q_h G C_f A_s \quad (3)$$

Dónde:

- q_h = la presión del viento evaluada a la altura h , medida desde el suelo hasta la parte superior del aerogenerador.
- A_s = área de barrido del aerogenerador
- G = factor del efecto de la ráfaga de viento, que depende de la exposición. Por ejemplo, para una estructura rígida. $G = 0.85$.
- C_f = un coeficiente de fuerza que depende de la relación de aspecto (ancho B del aerogenerador sobre su altura s) y la relación de área libre (altura s del aerogenerador sobre la elevación h , medida desde el suelo hasta la parte superior de la estructura). Para letreros sólidos viene dado por la siguiente tabla:

Coeficientes de Fuerza, C_f
Paredes en canto libre y letreros sólidos

A NIVEL DEL SUELO		SOBRE EL NIVEL DEL SUELO	
v	C_f	M/N	C_f
≤ 3	1.2	≤ 6	1.2
5	1.3	10	1.3
8	1.4	16	1.4
10	1.5	20	1.5
20	1.75	40	1.75
30	1.85	60	1.85
≥ 40	2.0	≥ 80	2.0

Observaciones:

1. El término “letreros” en las observaciones aplica también a “paredes en canto libre.”
2. Letreros con aberturas que totalicen menos del 30% del área bruta se considerarán letreros sólidos.
3. Letreros cuya distancia del nivel del suelo a la parte inferior de su borde es menor que 0.25 veces su dimensión vertical se considerarán que están a nivel del suelo.
4. Para considerar direcciones de viento perpendiculares y diagonales, se deben considerar 2 casos:
 - (i) que la fuerza resultante actúa perpendicular a la cara del letrero sobre una línea vertical que pasa a través del centro geométrico, y
 - (ii) que la fuerza resultante actúa perpendicular a la cara del letrero a una distancia de la línea vertical que pasa a través del centro geométrico igual a 0.2 veces el promedio del ancho del letrero.
5. Clave:
 - v: relación altura/ancho.
 - M: la dimensión mayor del letrero, en metros.
 - N: la dimensión menor del letrero, en metros.

Tabla 34. Coeficientes de fuerza C_f . Fuente: CTE

En este caso el aerogenerador es un Enair 30pro, con un área de barrido de 11.34 m^2 y estará colocado a una altura de 12m.

La velocidad del viento viene dada por el CTE, y tiene distintos valores dependiendo de la localización a lo largo de la península. En la siguiente figura se muestran las distintas zonas con sus respectivos valores básicos de la velocidad del viento.



Figura 47. Zonas de Iso distintos valores básicos de la velocidad del viento

La zona a la que pertenece la instalación es la zona A, por lo tanto el valor básico de la velocidad del viento para cálculo de cargas del viento será $V=26\text{m/s}$.

Los diferentes valores de los coeficientes son los siguientes:

- $K_z=1.04$, ya que
- $K_{zt}=1.0$, por establecerse en un terreno plano.
- $K_d=1.0$, ya que el viento actúa por sí solo.
- $G=0.85$, ya que el aerogenerador se considera una estructura rígida.
- $C_f=1.2$
- $A_s=11.34$, superficie total de las aspas del aerogenerador

Utilizando la ecuación (3), se puede calcular la fuerza que ejerce el viento contra el aerogenerador como:

$$F = v^2 * K_z * K_{zt} * K_d * 0.613 * A_s * G * C_f$$

$$F = 26^2 * 1.0 * 1.0 * 1.04 * 0.613 * 11.34 * 0.85 * 1.2$$

$$F = 4984 \text{ N}$$

El dato de fuerza que debe soportar en punta la torre del aerogenerador dispuesta por Enair es de 3350N.

Cálculos de cimentación

Las dimensiones de la cimentación se evaluarán en base a los esfuerzos nominales que transmite el aerogenerador al apoyo (335 daN) aplicado a una altura total de apoyo 12m, así como los esfuerzos del viento sobre los apoyos (295 daN/m²). Las ecuaciones que se emplearán para el cálculo de las cimentaciones son las expuestas a continuación, basadas en el método de Sulzberger:



Figura 48. Esquema para el cálculo de cimentación

$$M_v = F \cdot \left(H - \frac{1}{3} h \right)$$

$$M_e = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot C_{t'} \cdot \operatorname{tg} \alpha + P \cdot a \cdot \left[0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^3 \cdot C_{t'} \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \right]$$

$$C_s = \frac{M_e}{M_v} > 1,5$$

En la cual asumiendo $tg\ a=1$, $a=b$, teniendo en cuenta la proporcionalidad de Ct' con la profundidad ($Ct'=k/2 \cdot h$), y asumiendo un peso de 2200 daN/m³ de hormigón, tenemos que:

$$Me = 139 \cdot k \cdot a \cdot h^4 + 880 \cdot a^3 \cdot h + 0,4 \cdot a \cdot Papoyo$$

- Siendo: Cs: Coeficiente de seguridad, se escoge igual a 2 para tener en cuenta la interacción de ciertos momentos estabilizadores cuando la carga actúa en doble sentido.
- Mv: Momento de vuelco (daN*m).
- Me: Momento estabilizador (daN*m)
- F: Fuerza aplicada (daN)
- H: Altura total del apoyo (m)
- h: Altura de la cimentación (m).
- P: Peso de la cimentación (daN)
- Papoyo: Peso del apoyo (daN)
- a,b: Anchura de la cimentación
- Ct' : Coeficiente de compresibilidad del terreno a t metros de profundidad (kg/m²)
- k: Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (kg/cm²*cm)

En base a los siguientes datos facilitados por el fabricante cumpliendo con las características constructivas de los elementos:

- H (m)= 13,7 m
- F (daN)=335 daN
- Papoyo (daN)=440 daN
- Fuerza viento sobre apoyo (daN)=281,5 daN
- Centro de presiones viento en el apoyo = 5.12m
- cimentación h (m)= 1,75 m
- k (kg/cm²*cm) =8
- Cs=2

Con los datos del fabricante se obtiene el siguiente resultado para el momento de vuelco:

$$M_v = F \cdot \left(H - \frac{h}{3} \right) = 3350 \cdot \left(12 - \frac{1.75}{3} \right) + 2815 \cdot \left(5.12 - \frac{1.75}{3} \right) = 51016 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Por lo tanto con un coeficiente de seguridad de Cs=2, se obtiene que el Momento estabilizador debe ser:

$$C_s = \frac{Me}{M_v}; Me = C_s * M_v = 2 * 51016 = 102033 \text{ N} * m$$

Utilizando la fórmula del momento estabilizador, el lado de la cimentación deberá ser:

$$Me = 139 * k * a * h^4 + 880 * a^3 * h + 0.4 * a * P_{apoyo}$$

Por lo tanto para $Me=102033\text{Nm}$, $k=8$ y $h=1.75$, el valor de a es:

$$a = 0.86 \text{ m}$$

Para una cimentación más firme y equilibrada se hará de $1.00 \times 1.00 \times 1.75\text{m}$, garantizando así un coeficiente de seguridad mayor.

3.1.3 Cálculos solares fotovoltaicos

El diseño de la instalación solar fotovoltaica se quiere crear para proporcionar un 20% de la demanda energética de la vivienda para los días en los cuales el aerogenerador no sea capaz de operar, quitando potencia y necesidad a las baterías.

La energía que deberán suministrar dichas baterías será:

$$E_{solar} = E_{consumo} * 0.2 = 11025 * 0.2 = 2205Wh$$

La instalación solar generará diariamente esta energía.

Para calcular las dimensiones de la instalación solar fotovoltaica se utilizarán los mismos datos de radiación utilizados en la instalación solar térmica.

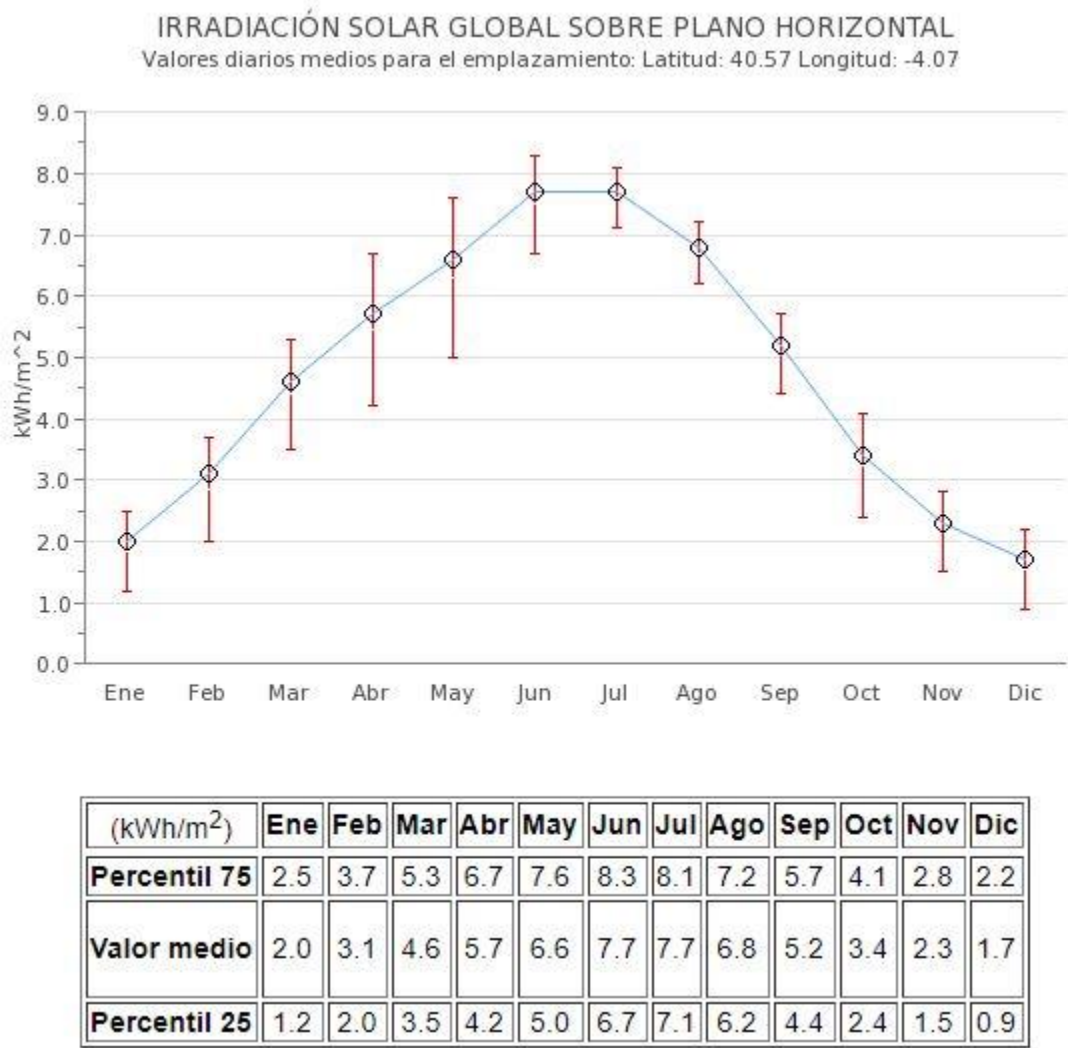


Figura 49. Radiación solar en kWh/día

También para el cálculo de la potencia solar media por hora se han obtenido la cantidad de horas media de sol al día por cada mes se dan en la localidad de San Lorenzo de El Escorial.

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Horas de sol al día	5.1	6.13	7.12	7.92	9.03	10.52	11.73	10.82	8.34	6.54	5.36	4.35	7.77

Tabla 35. Horas de sol diarias por mes.

La potencia de la radiación solar diaria será:

	Potencia solar											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potencia(W/día*m^2)	392	506	646	720	731	731	656	628	623	519	429	390

Tabla 36. Potencia solar diaria por m²

También hay que tener en cuenta el límite de Shockley-Queisser. El límite de Shockley-Queisser postula que el rendimiento máximo posible de absorción de energía por medio de las células fotovoltaicas es del 33.7%. Este factor se debe a la composición de las células fotovoltaicas y de las pérdidas energéticas que se producen en el salto de un electrón de la capa de valencia a la capa de conducción en un semiconductor p-n. Las células solares del mercado no llegan a alcanzar este porcentaje, localizándose entrono al 15-20% de rendimiento.

Para el cálculo del área de las células fotovoltaicas se utilizará el consumo diario de 2200 Wh y se realizará el diseño en el mes más desfavorable, Diciembre. Cabe destacar que también es en diciembre donde la calidad del viento es menor.

Teniendo en cuenta un rendimiento del 15% de las células fotovoltaicas, el área necesaria para la generación fotovoltaic será:

$$A = \frac{E_{cons}}{H_{rad} * 0.15} = \frac{2200}{1.7 * 1000 * 0.15} = 8.62m^2$$

Donde

- A= área de captación

- Econs= energía consumida por la vivienda
- Hrad =radiación solar en diciembre

El área de captación solar fotovoltaica será $A= 8.62 \text{ m}^2$.

Pliegos

La realización de los siguientes pliegos y condiciones se ha basado en los pliegos y condiciones propuestos por IDAE.

4.1 Objeto del pliego

El pliego de condiciones tiene como objetivo establecer las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las diferentes partes de la instalación, la instalación solar térmica de baja temperatura, la instalación solar fotovoltaica y la instalación eólica.

El pliego de condiciones sirve de guía para los proveedores del material y la empresa instaladora para el buen funcionamiento de la instalación. Se especificarán todos los componentes y materiales utilizados, al igual que los procedimientos de puesta en marcha, mantenimiento y requisitos de la instalación para mejorar y aumentar la vida útil de la misma.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

Este documento tiene como fin garantizar:

- Calidad y durabilidad de la instalación
- Seguridad de la instalación
- Cumplimiento de las normativas necesarias para el funcionamiento de la instalación
- Continuidad del suministro
- Calidad y conservación de los materiales utilizados

4.2 Condiciones generales

4.2.1 Normativa utilizada

A continuación se expondrán las diferentes normativas que se han tenido en cuenta para el correcto diseño de la instalación.

Solar térmica

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Equipos a Presión (RAP) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 891/1980, de 14 de abril, sobre homologación de captadores solares.
- Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.
- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Igualmente se cumplirá con toda la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc.)
- Norma UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.
- Norma UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.
- Norma UNE-EN 806-1: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades.

Solar fotovoltaica

- 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, establece en su disposición adicional segunda la obligación de regular el suministro de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo.
- La Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, en su artículo 9, define el autoconsumo como el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor y distingue varias modalidades de autoconsumo.
- El 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, establece en su disposición adicional segunda la obligación de regular el suministro de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo.

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.
- 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 voltaicas 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 (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- 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 análogas para la protección contra sobre intensidades.

4.2.2 Responsabilidades

La responsabilidad recaerá sobre la empresa instaladora durante el proceso de ejecución e instalación de la obra.

En caso de posible accidente, daño o fallo no habrá derecho a la indemnización por el mayor precio de los materiales presupuestados al cliente.

4.3 Condiciones técnicas

4.3.1 Componentes y Materiales.

4.3.1.1 Instalación eólica

Turbina:

Los materiales utilizados en la turbina son principalmente aluminio y fibra de vidrio.

Para la construcción de las aspas de la turbina se ha elegido la utilización de fibra de vidrio, altamente utilizado en el sector eólico para la creación de dichas aspas. Es un material ligero y resistente, con unas características de elasticidad y resistencia a la tracción idóneas para su uso en las aspas de un aerogenerador.

Los elementos que componen la estructura de la turbina se han realizado en aluminio anodizado para mejorar sus características frente a las inclemencias meteorológicas.

La estructura que sujeta a la turbina ha sido realizada a partir de acero galvanizado, aplicando un tratamiento de cataforesis para resistir las inclemencias meteorológicas. Características tanto de resistencia a la tracción como de resistencia a golpes, cualidades térmicas y su fácil uso hacen del acero el material perfecto para la construcción de la torre.

Para los elementos de tornillería estandarizados se utilizará Acero inoxidable AISI 316

Los diferentes elementos de los cuales cuenta la turbina son los siguientes:

-Generador: Generador eléctrico trifásico de 30 polos con imanes permanentes de neodimio.

Todos los generadores cumplirán las exigencias técnicas desarrolladas en el presente proyecto.

Cumplirán las normas de seguridad y diseño dictaminadas por la directiva europea CE. Por lo que deberá tener el sello de CE en la etiqueta en un lugar visible. Deberá cumplir los requerimientos de las siguientes normas asociadas al diseño de pequeños aerogeneradores:

- IEC 61400-12-1 (Curvas de potencia y producción de energía)
- IEC 61400-11 (Nivel sonoro)

- EC 61400-2 (clase 1), IEC 61400-1 y UNE-EN ISO 12100-1 (Diseño)

El generador deberá incorporar un sistema de monitorización que proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor

-Multiplicadora y reductora: sistema que se encarga de regular la velocidad que entra al generador para mantener la correcta velocidad del rotor. Incorporados en la caja de transmisiones ya incluida dentro de la turbina eólica. La multiplicadora deberá cumplir todas las normativas expuestas con antelación.

-Freno mecánico: El freno mecánico debe ser implementado para evitar daños y deterioro del sistema de generación eólico. El freno mecánico debe actuar en momentos en los cuales la velocidad del viento supere los 15m/s. El freno debe cumplir con todas las normativas citadas con antelación.

4.3.1.2 Instalación solar fotovoltaica:

Los materiales utilizados para las células fotovoltaicas son silicio policristalino, con mayor rapidez en el proceso de calentamiento, fabricación más económica y rápida, a expensas de su eficiencia.

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

Si existiesen marcos laterales en los captadores solares o en los paneles fotovoltaicos serán de aluminio o acero inoxidable.

El captador debe contener una placa en la que consten los datos establecidos por el fabricante.

Los paneles solares fotovoltaicos deberán incorporar una etiqueta con sus características expuestas por el fabricante.

Para los soportes de los paneles solares, tanto captadores térmicos como células fotovoltaicas se optará por la utilización de aluminio anodizado, el cual cuenta con unas características tanto de resistencia y térmicas excelentes, y es capaz de resistir las inclemencias meteorológicas.

Los soportes serán colocados en el tejado de la vivienda, con la orientación sur máxima posible y respetando las exigencias de los captadores, según indique el fabricante.

La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Al igual que en la instalación eólica, la tornillería será realizada en acero inoxidable.

Baterías plomo ácido OPzS:

- Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.
- La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60 %.
- El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente:
 - El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido.
 - Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

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

- Tensión nominal (V)
- Polaridad de los terminales
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

Inversores solares y eólicos:

Las consideraciones de montaje y ejecución, normativa aplicable y materiales empleados se encuentran definidos en las recomendaciones, certificados y manuales de montaje del propio fabricante.

Se observarán las siguientes consideraciones antes de proceder a su instalación:

- Su emplazamiento deberá estar protegido de la luz solar directa y en un rango de temperatura ambiente comprendido entre -25 y 60°C.

- Se instalarán en zonas apropiadas según sus rangos operativos frente a la humedad.
- Para su montaje se seleccionará un paramento o superficie sólida vertical con suficiente firmeza para que soporte su peso, necesitando de un espacio adicional a contar desde su perímetro para una refrigeración adecuada para la dispersión del calor.
- Se marcará su posición en el paramento y se realizarán los taladros para su sujeción, colocando y apretando los tornillos.
- Se realizará el conexionado de la parte AC y posteriormente la parte DC respetando su polaridad, conectando siempre el polo positivo (+) al polo DC positivo (+) del inversor, y el polo negativo (-) al polo DC negativo (-) del inversor.
- Seguidamente los equipos se conectarán a las correspondientes protecciones, las cuales pueden constar de seccionadores, fusible y terminales de conexión, tanto para el inversor como para la red de suministro.

Cableado

Todo el cableado deberá estar regido por la ley vigente en el momento de la instalación.

4.3.1.3 Instalación solar térmica

Para todo el dimensionado de la instalación solar térmica se debe utilizar las normas y directrices que se explican en el documento básico HE4-CTE.

Los materiales utilizados en la instalación solar de baja temperatura deberán soportar las temperaturas máximas y las presiones máximas que se puedan alcanzar.

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión.

Los materiales situados en el exterior se protegerán contra las inclemencias meteorológicas, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Sistema de captadores:

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, solamente se podrá utilizar cobre si el pH del fluido caloportador está comprendido entre 7,2 y 7,6. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m c.a.

Acumuladores:

Cuando el acumulador incorpore en su interior una superficie de intercambio se denominará interacumulador.

En caso de ser un interacumulador, la placa de identificación deberá contener los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Bombas de circulación:

Siempre que sea posible se utilizará bombas tipo circulación en línea.

Los materiales del sistema de bombeo del circuito primario deberán ser compatibles con el fluido de trabajo.

Las bombas deberán ser resistentes a la presión máxima del circuito.

Aislamiento:

El diámetro del aislamiento deberá cumplir los requisitos expuestos en la siguiente tabla:

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

(*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(**) Se escoge la temperatura máxima de red.

Tabla 37. Diámetro del aislante en tuberías de ACS.

El material aislante se sujetará adecuadamente, de forma que no pueda caerse de las tuberías o accesorios.

Sistemas eléctricos de control:

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre -10°C y 50°C .

4.3.4 Montaje de la instalación

Características generales

La instalación se construirá siguiendo la normativa vigente. Todos los materiales y procedimientos que se vayan a utilizar deben garantizar las exigencias de servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Las especificaciones expresadas por los fabricantes se tendrán en cuenta en la instalación de todos los componentes.

El suministrador será el principal responsable en el ámbito de comprobación del edificio y del seguimiento de las características necesarias para soportar la instalación. Es responsable también de asegurar la calidad de los materiales, al igual que de la vigilancia de estos.

El suministrador deberá, al finalizar la obra, de la limpieza de todos los equipos de la instalación, al igual que de deshacerse de los materiales sobrantes.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características de estos sean visibles.

Durante el montaje de las distintas instalaciones, los equipos se asegurarán provisionalmente para poder garantizar su seguridad y la de las personas implicadas en la obra, evitando así cualquier defecto. Esto debe ser así hasta el momento de su colocación definitiva.

Aerogenerador:

El montaje del aerogenerador se dividirá en cinco pasos:

- Conexiones eléctricas: Mediante tres conectores eléctricos unir los cables del aerogenerador, procedentes de las escobillas, con los cables de bajada de la torre.
Para evitar que el peso de los cables sobrecargue la conexión de las escobillas se debe fijar al interior de la torre la manguera de bajada. Para ello se aconseja dar tres vueltas a un gancho que debe ir soldado en la parte superior de la torre.
- Colocación de la torre
- Colocación de las palas. Para garantizar el correcto ensamblaje de la palas, existe un saliente en la pala que deberá encajar con su hueco correspondiente en la cuchara cónica
Al realizar el apriete, asegurarse de que quede una pequeña holgura entre la cuchara y el contrapeso.
- Colocación del timón
- Colocación de la carcasa superior

Instalación solar térmica:

Montaje de estructura de soporte.

La estructura de soporte de los captadores deberá sujetarse al edificio de forma que aguante las inclemencias meteorológicas.

La instalación debes realizarse de tal forma que el acceso a los captadores sea posible para su desmontaje.

Los captadores deberán ser tapados si el arranque de la instalación se hará después de un periodo prolongado una vez se haya terminado de montar la instalación.

Montaje del interacumulador

El montaje de la estructura y soportes para el interacumulador se hará siguiendo la normativa vigente y respetando las indicaciones del fabricante.

Montaje de la bomba

Las bombas en línea se instalarán en el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que pueda ser desmontado.

Todas las bombas deberán protegerse aguas arriba por medio de un filtro de malla metálica.

4.3.5 Pintado

El pintado se realizará a los elementos de la turbina que vayan a estar expuestos a la intemperie.

Este pintado se realiza con el objeto de proteger la instalación eólica de posibles daños por corrosión y oxidación debido a las inclemencias meteorológicas y alargar así la vida útil de la instalación.

Para las piezas fabricadas en aluminio, como las partes sólidas de la turbina, se dará una capa de pintura anticorrosión.

Para las piezas fabricadas en acero se dará una capa de pintura anticorrosión y se realizará un tratamiento de cataforesis.

Para las piezas que componen la estructura de la torre también se les dará un galvanizado, para mejorar sus propiedades.

4.3.6 Lubricación

Se lubricarán todas las partes móviles de la turbina, al igual que en la bomba de agua.

Para la lubricación se utilizará grasa lubricante para extrema presión y altas temperaturas.

Revisar que los rodamientos localizados en el aerogenerador dispongan siempre de grasa. En caso de que falta añadir. Esta acción debe realizarse en cada uno de los rodamientos de las palas.

4.3.7 Puesta en marcha

La puesta en marcha de la instalación se realizará paso a paso y siempre siguiendo las normativas vigentes y las especificaciones dadas por los fabricantes.

La garantía de la instalación comienza a ser vigente a partir de este momento.

4.3.8 Mantenimiento

Características generales.

En el momento en que el montaje y puesta en marcha de la instalación esté acabada se realizará un contrato para el mantenimiento correctivo y preventivo de las instalaciones.

El contrato de mantenimiento es preferible que se haga con la empresa instaladora o con una empresa recomendada por el fabricante.

Hay dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo

- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento preventivo se hará cargo de las inspecciones y supervisión de las instalaciones, y el mantenimiento correctivo se hará cargo de la reparación y arreglo de cualquier problema con la instalación.

A continuación se expondrán requisitos de mantenimiento de las distintas partes de la instalación.

Aerogenerador:

Advertencia: no seguir el plan de mantenimiento de la turbina eólica anula la garantía de esta

El mantenimiento de la instalación debe siempre respetar las directrices dadas por los fabricantes y deben seguir las normativas vigentes en este ámbito.

Para el mantenimiento de la turbina el fabricante Enair aconseja seguir las siguientes directrices para conseguir una vida útil de la turbina de 25 años:

Los componentes de la turbina solo deben ser manipulados por personal técnico competente.

No se debe dejar que personal no cualificado se encargue del mantenimiento de la instalación eólica.

Todos los elementos de tornillería que se manipulen durante el proceso de mantenimiento deberán ser apretados de nuevo según indique el fabricante.

La frecuencia labores de mantenimiento de la maquinaria dependerá del tipo de viento que se tenga en la zona.

Clase de viento	Velocidad media del viento en el emplazamiento de la instalación		
	m/s	km/h	mph
1	<5.6	<20.1	<12.53
2	5.6 – 6.4	20.1 – 23.04	12.53 – 14.32
3	6.4 - 7	23.04 – 27.2	14.32 – 15.66
4	7 – 7.5	25.2 – 27	15.66 – 16.78
5	7.5 - 8	27 – 28.8	16.78 – 17.9
6	8 – 8.8	28.8 – 31.68	17.9 – 19.69
7	>8.8	>31,68	>19.69

Figura 50. Clase de viento según la velocidad media.

Clase de viento	1	2	3	4	5	6	7
Reapriete de tornillos de palas, timón, eje de giro, puntera y torre.	Un mes después de la instalación						
Inspección visual (tanto del molino como de la torre), chequeo de ruidos anómalos y vibraciones	Un mes después de la instalación y después de tormentas o vientos de más de 25 m/s (90 km/h, 56 mph)						
1 - Reapriete de tornillos, timón, eje de giro y puntera	Cada 12 meses						
2 - Reapriete de otros tornillos de la torre (p.e. empalmes, acoples...)							
3 - Engrasado de rodamientos del paso variable							
4 - Engrasado del conjunto del paso variable							
5 - Comprobación del estado de las palas, especial atención al borde de ataque							
6 - Comprobación del correcto funcionamiento del paso variable							
7 - Comprobación de la pintura, búsqueda de desperfectos y puntos de óxido,							
8 - Inspección de las escobillas, anillos rozantes y sus cables de conexión							
9 - Sustitución de escobillas	Cada 20 años (orientativo)			Cada 15 años (orientativo)			

Figura 51. Frecuencia del mantenimiento de la turbina.

Instalación eléctrica

El mantenimiento correctivo de la instalación se encargará de todas las operaciones de sustitución necesarias para que el sistema continúe su buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo incluirá una visita anual en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc
- Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto

original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.

- Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

Instalación solar térmica:

El mantenimiento preventivo y correctivo se hará a la instalación por un periodo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo constará como mínimo de una revisión anual de la instalación solar térmica.

El mantenimiento preventivo deberá incluir todos los cambios de material desgastados o defectuosos necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

El mantenimiento correctivo se realizará en caso de algún defecto en la instalación. Se realizará en un plazo máximo estipulado en la Garantía.

En las siguientes figuras se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en la instalación solar térmica.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

Figura 52. Mantenimiento sistema de captación

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

Figura 53. Mantenimiento sistema de acumulación

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

Figura 54. Sistema de Intercambio

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

Figura 55 Mantenimiento sistema hidráulico.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF - Actuación.
Termostato	12	CF - Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación.

Figura 56. Mantenimiento sistema eléctrico y de control

4.4 Presupuesto y viabilidad económica

A continuación se expondrá la memoria económica de la instalación, teniendo en cuenta todos los elementos de la instalación y haciendo un balance del ahorro anual en el gasto energético, al igual que en la reducción de emisiones de contaminantes, en especial CO₂, a la atmósfera.

Costes de los componentes.

El coste de los distintos componentes de la instalación viene dado por la siguiente tabla:

Elemento de la instalación	Unidades	Precio unidad(€)	Precio Total(€)
Kit solar Drainback	1	3154.00	3154.00
Turbina	1	6600.00	6600.00
Torre	1	2150.00	2150.00
Controlador + Inversor Eólico	1	1525.00	1525.00
Inversor/Cargador fotovoltaico	1	706.31	706.31
Inversor/Cargador Baterías	1	706.31	706.31
Placas fotovoltaicas	4	190.60	762.40
Baterías	4	2268.75	9075.00
Grupo electrógeno	1	773.15	773.15
Cableado solar (50m)	1	100.00	100.00
Cableado eólico (50m)	1	120.00	120.00
Fusibles 80^a	4	18.69	74.76
Magnetotérmico	1	16.00	16.00
Caja de protecciones	1	5.70	5.70
Total			25768.63

Tabla 38. Costes totales de la instalación

El coste total de los componentes de la instalación serán un total de 25.768,63€.

En el siguiente apartado se calculará los gastos de una vivienda tradicional.

Gastos anuales de una vivienda tradicional.

Una vivienda tradicional sufre su demanda energética conectándose a la Red Eléctrica Española, por lo que cada año tendrá una factura de gas y electricidad en relación a su consumo.

El consumo medio de la vivienda se ha estimado en 11025 Wh diario. El precio anual de gasto eléctrico en la localidad de San Lorenzo de El Escorial ronda los 1200€/año

Para el gasto en gas natural sabemos que el gasto medio anual para 4 personas ronda los 700€/año.

El gasto energético total será de un total de 1900 €/año.

Amortización

Una vez calculados los gastos energéticos de la vivienda se podrá calcular el tiempo que tardará en amortizarse la inversión. Teniendo esto en cuenta el tiempo de amortización de la vivienda vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$T_{amor}(\text{años}) = \frac{25768}{1900} = 13.5 \text{ años}$$

Otras opciones de instalación es la eliminación de las baterías, y utilizar el grupo electrógeno en momentos de necesidad cuando el viento no fuera lo suficientemente potente para suministrar toda la energía a la casa, junto con las placas solares.

En este caso el gasto sería:

Elemento de la instalación	Unidades	Precio unidad(€)	Precio Total(€)
Kit solar Drainback	1	3154.00	3154.00
Turbina	1	6600.00	6600.00
Torre	1	2150.00	2150.00
Controlador+Inversor Eólico	1	1525.00	1525.00
Inversor/Cargador fotovoltaico	1	706.31	706.31
Placas fotovoltaicas	4	190.60	762.40
Grupo electrógeno	1	773.15	773.15
Cableado solar (50m)	1	100.00	100.00
Cableado eólico (50m)	1	120.00	120.00
Fusibles 80A	4	18.69	74.76
Magnetotérmico	1	16.00	16.00
Caja de protecciones	1	5.70	5.70
Total			15987.32

Tabla 39. Coste total de la instalación sin baterías

La amortización en este caso quedaría:

$$T_{amor}(\text{años}) = \frac{15987.32}{1900} = 8.41 \text{ años}$$

Esta segunda opción es más viable económicamente hablando, pero habría que añadir el gasto de gasolina, al igual que el aumento de las emisiones será mucho mayor, minando así uno de los objetivos de este proyecto, que es la reducción de la contaminación y el descenso de las emisiones de gases de efecto invernadero. También habría que añadir a esto el gasto de gasolina anual. Con un consumo de 1.8l/h al 50% de carga, teniendo que alimentar la instalación durante el modo consumo+baterías. Suponiendo que la mitad de esos días la instalación solar es suficiente para suministrar esa energía y trabajando una media de 8h esos días eso hace un total de:

$$\text{Consumo gasolina} = 365 * 8 * 0.263 * 0.5 * 1.8 = 691.16 \text{ l}$$

Esto hace que aumente el consumo anual en 830€ anuales. Por lo tanto la amortización se realizará en 15 años. Otro factor a tener en cuenta es el aumento de las emisiones por parte de la instalación, lo cual

4.5 Repercusión medioambiental

Uno de los principales objetivos de la instalación era la disminución de la contaminación medioambiental. Para medir esta disminución de la contaminación se estimará la contaminación generada por cada kWh de energía producido mediante generación de energía convencional

Por cada kWh hora de electricidad generada mediante energías convencionales se generan 0.385kg de CO₂.

La vivienda en la cual se emplaza la instalación de autoconsumo tiene un consumo energético estimado de media de 4025kWh anuales. Por lo tanto la disminución de CO₂ gracias ha esta instalación será notable.

En la siguiente tabla se expone el cálculo de los kg de CO₂ anual que se evita lanzar a la atmosfera es:

	Consumo anual	Unidades de medida física	Factor de emisión (Kg de CO ₂ eq/kWh)		Kg de CO ₂ eq
Electricidad	4025	kWh	0.385	Kg de CO ₂ eq/kWh	1549.625

Tabla 40. Reducción de emisiones de CO₂ por consumo eléctrico.

A estas emisiones hay que añadir las emisiones que se ahorran por la instalación solar térmica para el suministro de ACS, ya que disminuye el gasto de gas natural.

Con un gasto medio de 2500 kWh anuales para el consumo de ACS, la instalación solar térmica consigue suministrar un 62% de esa energía, por lo que se consigue evitar contaminar el equivalente de 1483 kWh de gas natural, un equivalente a 290 m³

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de los kg de CO₂ que se ha conseguido disminuir:

Combustible	Consumo anual	Unidades de medida física	Factor de conversión	kWh	Factor de emisión (Kg de CO ₂ eq/kWh)		Kg de CO ₂ eq
Gas natural	280	Nm ³	10.7056 kWh/Nm ³	1483	0.2157	Kg de CO ₂ eq/kWh	320

Tabla 41. Reducción de emisiones de CO₂ por consumo de gas.

En total la disminución anual de gases de efecto invernadero, en especial el CO₂ es:

Fuente	Cantidad (kg)
Consumo eléctrico	1549.625
Gas natural	320
Total	1869.625

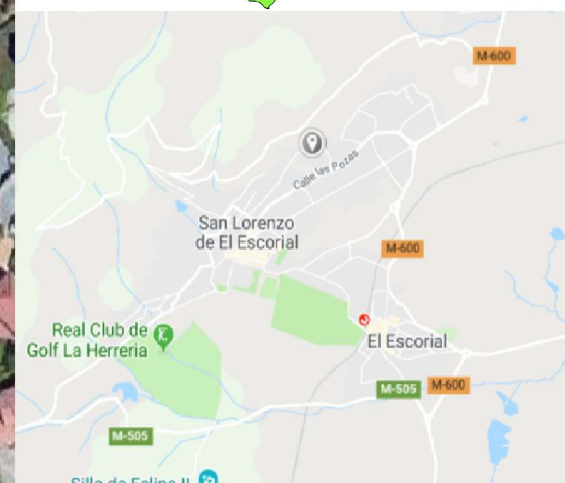
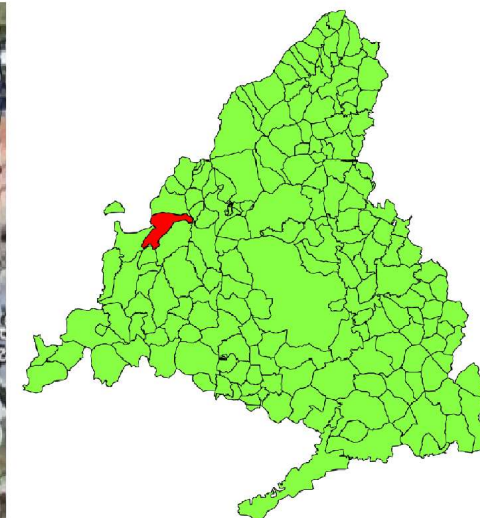
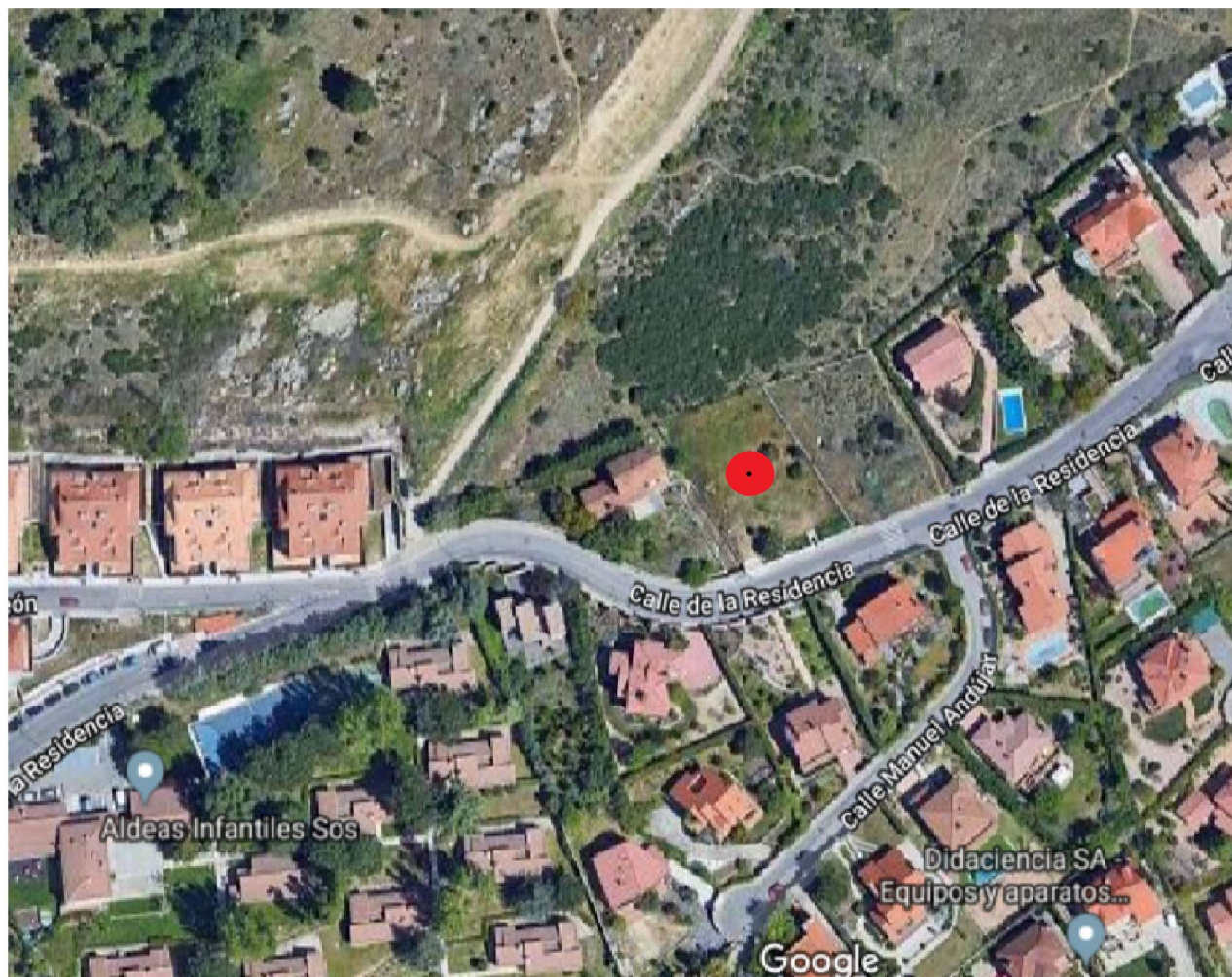
Tabla 42. Reducción total de emisiones de CO2 debido a la instalación.

La reducción total de CO2 a la atmosfera debido a la instalación es de 1869 kg CO2/año, consiguiendo así uno de los objetivos propuestos.

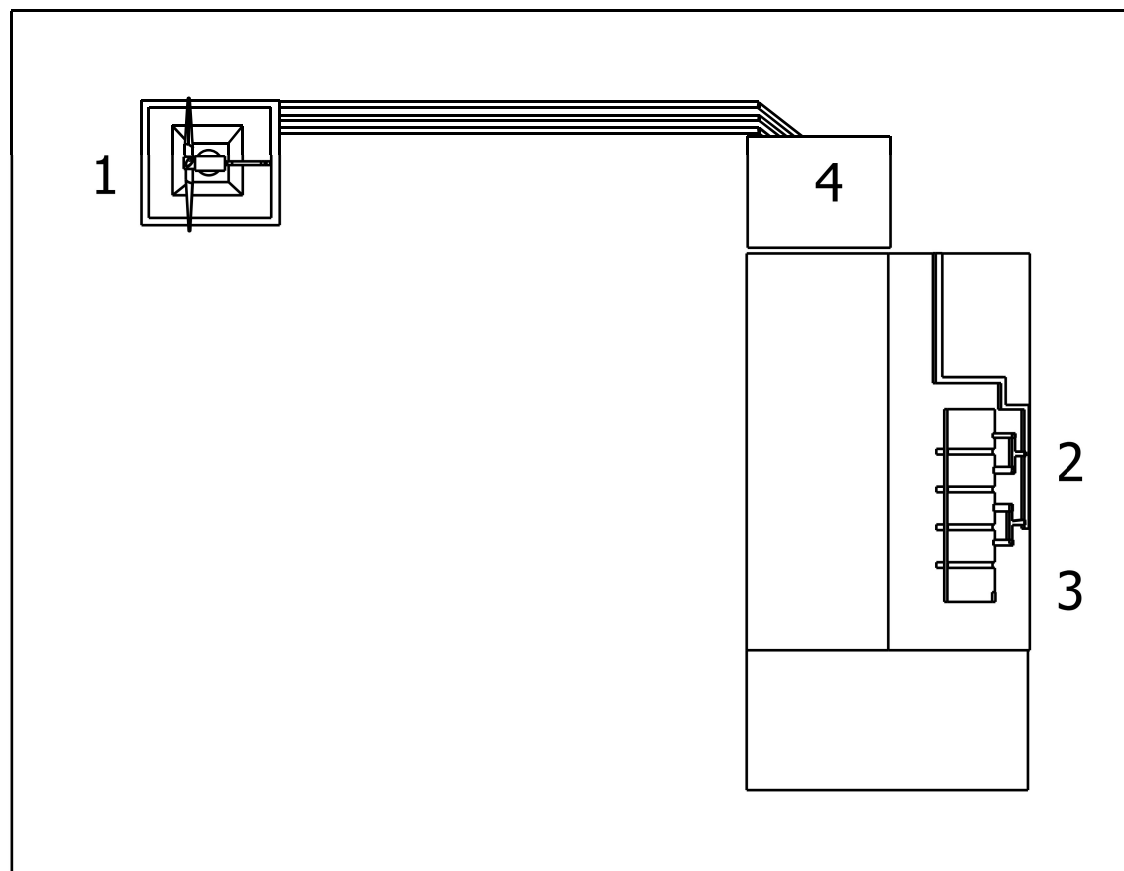
4.6 Mediciones

Las mediciones meteorológicas del viento tomadas corresponden a las velocidades medias diarias de los últimos 4 años en San Lorenzo de El Escorial. El estudio se ha realizado a lo largo de estos 4 años para garantizar la veracidad y la calidad de los resultados obtenidos. Estas mediciones se encuentran en el apartado apéndices 6.1

Planos



Plano 1			Proyecto Fin de Grado
	NOMBRE	FECHA	Localización de la vivienda
DIBUJADO	Juan Tello	07/08/2018	
COMPROBADO	Nombre:		
ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I	



4 Caseta de la instalación

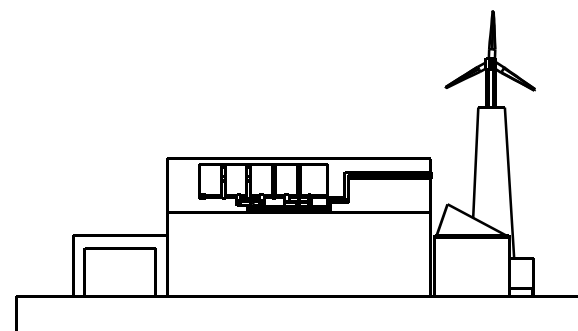
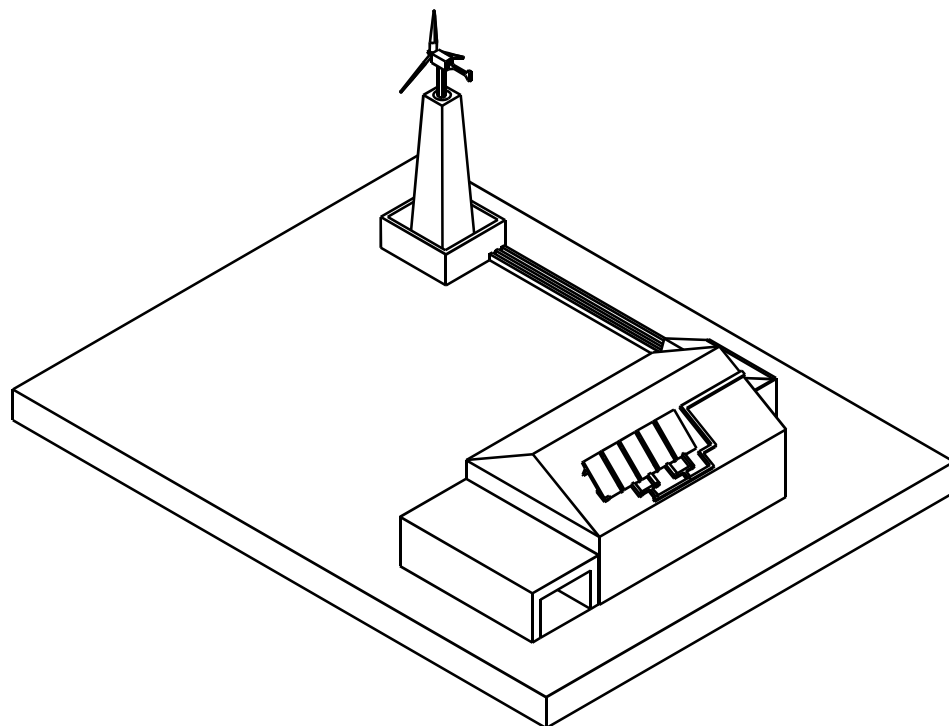
3 Captador solar

2 Paneles fotovoltaicos

1 Aerogenerador

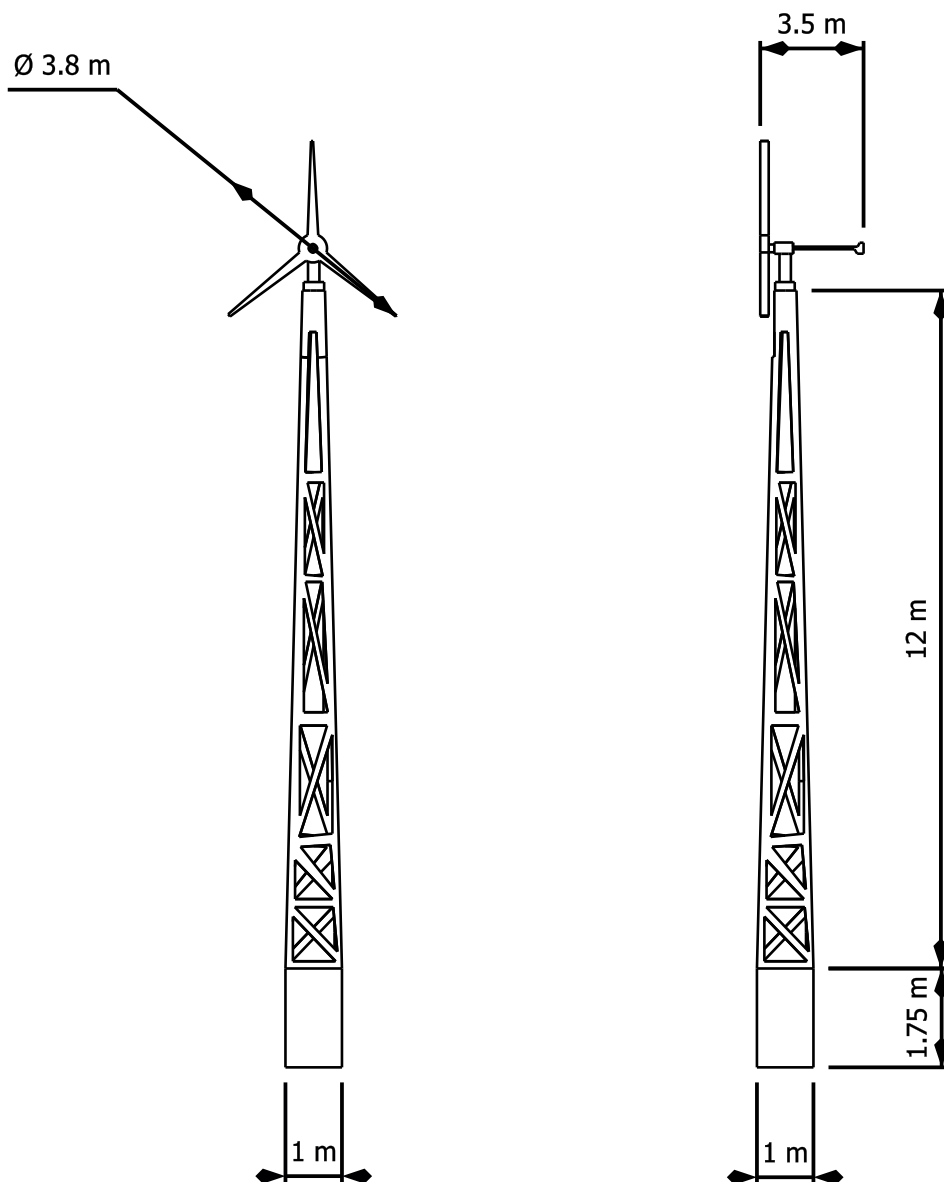
Created by: Juan Tello	Title: Plano instalación	Size: A4	Sheet: 1 / 2	Scale:
Supplementary information: ICAI		Part number:		
		Drawing no.:		
		Date: 07/08/2018	Revision:	



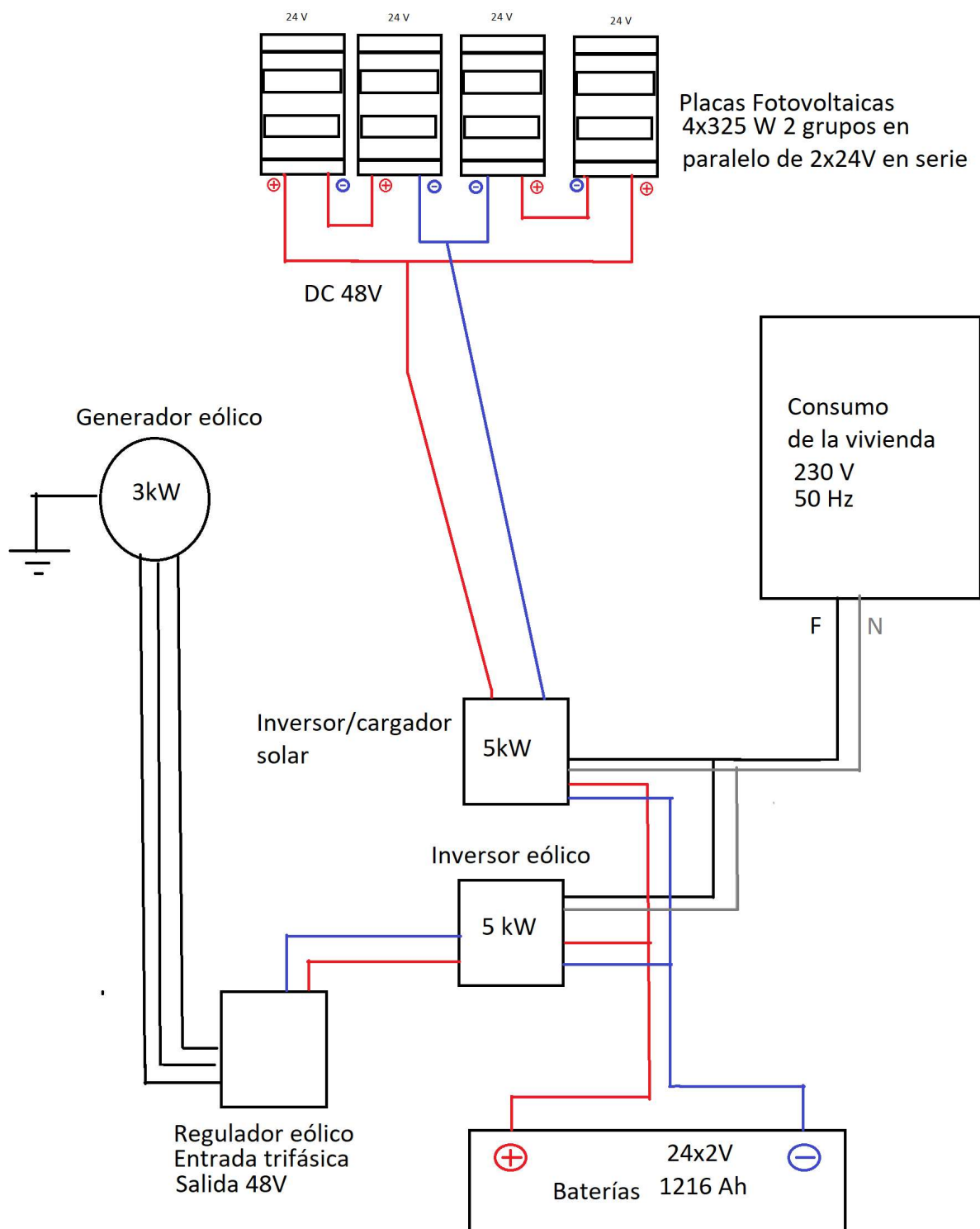


Created by: Juan Tello	Title: Plano instalación	Size: A4	Sheet: 2 / 2	Scale:
Supplementary information: ICAI		Part number:		
		Drawing no.:		
		Date: 07/08/2018		Revision:

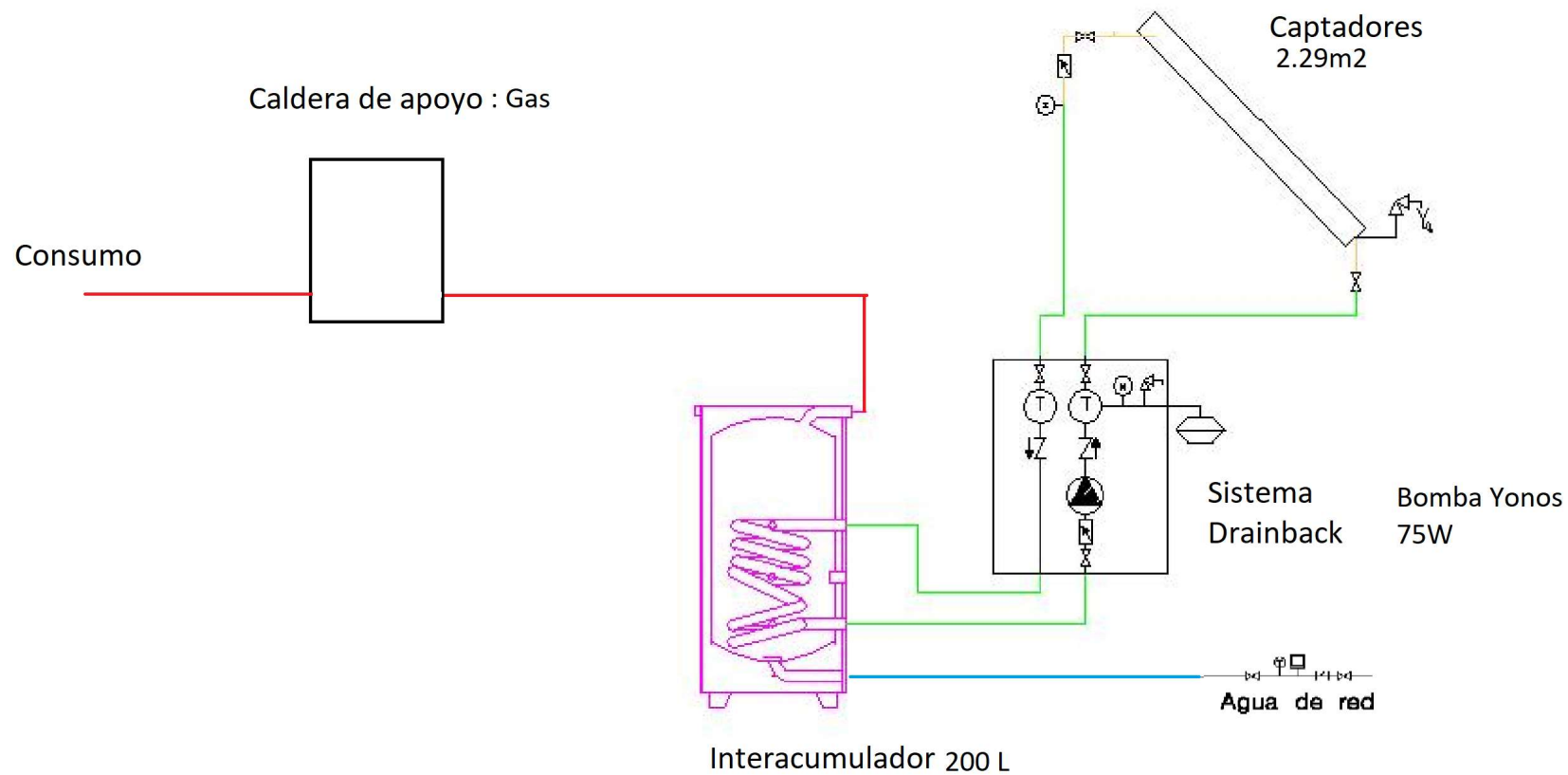




Created by:	Title:		
Juan Tello	Torre y aerogenerador		
Supplementary information:	Size:	Sheet:	Scale:
	A4	1/1	1:1
	Part number:		
	1		
ICAI	Drawing number:		
	1		
	Date:		Revision:
	07/08/2018		



Plano 1			Proyecto Fin de Grado
DIBUJADO	NOMBRE Juan Tello	FECHA 07/08/2018	Esquema eléctrico de la vivienda
COMPROBADO	Nombre:		
ESCALA:	FIRMA: <i>J. Tello</i>		I.C.A.I



	Válvula de corte
	Válvula de retención
	Válvula de seguridad
	Termómetro
	Manómetro
	Bomba de circulación

Plano 1			Proyecto Fin de Grado
	Nombre	Fecha	Esquema de la instalación solar térmica
Dibujado	Juan Tello	07/08/2018	
Comprobado			
			I.C.A.I

Apéndices

6.1 Datos históricos del viento.

Año 2015

Día	Columna2	Mes	Estación	Velocidad	Velocidad2
		Mes	Estación	Km/h	m/s
01/01/2015		Enero	Invierno		0.00
02/01/2015		Enero	Invierno		0.00
03/01/2015		Enero	Invierno		0.00
04/01/2015		Enero	Invierno		0.00
05/01/2015		Enero	Invierno		0.00
06/01/2015		Enero	Invierno		0.00
07/01/2015		Enero	Invierno		0.00
08/01/2015		Enero	Invierno		0.00
09/01/2015		Enero	Invierno		0.00
10/01/2015		Enero	Invierno		0.00
11/01/2015		Enero	Invierno		0.00
12/01/2015		Enero	Invierno		0.00
13/01/2015		Enero	Invierno		0.00
14/01/2015		Enero	Invierno		0.00
15/01/2015		Enero	Invierno		0.00
16/01/2015		Enero	Invierno		0.00
17/01/2015		Enero	Invierno		0.00
18/01/2015		Enero	Invierno		0.00
19/01/2015		Enero	Invierno	61	16.89
20/01/2015		Enero	Invierno	30	8.44
21/01/2015		Enero	Invierno	50	14.00
22/01/2015		Enero	Invierno	57	15.78
23/01/2015		Enero	Invierno	55	15.33
24/01/2015		Enero	Invierno	45	12.44
25/01/2015		Enero	Invierno	57	15.78
26/01/2015		Enero	Invierno	42	11.78
27/01/2015		Enero	Invierno	40	11.11
28/01/2015		Enero	Invierno	48	13.33
29/01/2015		Enero	Invierno	54	14.89
30/01/2015		Enero	Invierno	54	14.89
31/01/2015		Enero	Invierno	55	15.33
01/02/2015		Febrero	Invierno	58	16.00
02/02/2015		Febrero	Invierno	42	11.78
03/02/2015		Febrero	Invierno	54	14.89

04/02/2015		Febrero	Invierno	65	18.00
05/02/2015		Febrero	Invierno	70	19.56
06/02/2015		Febrero	Invierno	35	9.78
07/02/2015		Febrero	Invierno	26	7.33
08/02/2015		Febrero	Invierno	22	6.00
09/02/2015		Febrero	Invierno	20	5.56
10/02/2015		Febrero	Invierno	16	4.44
11/02/2015		Febrero	Invierno	15	4.22
12/02/2015		Febrero	Invierno	14	3.78
13/02/2015		Febrero	Invierno	22	6.00
14/02/2015		Febrero	Invierno	25	6.89
15/02/2015		Febrero	Invierno	43	12.00
16/02/2015					
17/02/2015				0	0.00
18/02/2015		Febrero	Invierno	42	11.56
19/02/2015				0	0.00
20/02/2015		Febrero	Invierno	48	13.33
21/02/2015		Febrero	Invierno	12	3.33
22/02/2015		Febrero	Invierno	14	3.78
23/02/2015				0	0.00
24/02/2015		Febrero	Invierno	16	4.44
25/02/2015		Febrero	Invierno	56	15.56
26/02/2015		Febrero	Invierno	54	14.89
27/02/2015		Febrero	Invierno	37	10.22
28/02/2015		Febrero	Invierno	47	13.11
01/03/2015		Febrero	Invierno	54	14.89
02/03/2015		Febrero	Invierno	56	15.56
03/03/2015		Febrero	Invierno	42	11.56
04/03/2015		Febrero	Invierno	44	12.22
05/03/2015		Marzo	Invierno	34	9.33
06/03/2015		Marzo	Invierno	25	6.89
07/03/2015		Marzo	Invierno	32	8.89
08/03/2015		Marzo	Invierno	40	11.11
09/03/2015		Marzo	Invierno	38	10.67
10/03/2015		Marzo	Invierno	14	4.00
11/03/2015		Marzo	Invierno	12	3.33
12/03/2015		Marzo	Invierno	32	8.89
13/03/2015		Marzo	Invierno	19	5.33
14/03/2015		Marzo	Invierno	17	4.67
15/03/2015		Marzo	Invierno	20	5.56
16/03/2015		Marzo	Invierno	25	6.89
17/03/2015		Marzo	Invierno	34	9.33
18/03/2015		Marzo	Invierno	34	9.33

19/03/2015		Marzo	Invierno	18	5.11
20/03/2015		Marzo	Invierno	18	5.11
21/03/2015		Marzo	Invierno	15	4.22
22/03/2015		Marzo	Invierno	18	4.89
23/03/2015		Marzo	Invierno	29	8.00
24/03/2015		Marzo	Invierno	31	8.67
25/03/2015		Marzo	Invierno	22	6.00
26/03/2015		Marzo	Invierno	22	6.22
27/03/2015		Marzo	Primavera	15	4.22
28/03/2015		Marzo	Primavera	41	11.33
29/03/2015		Marzo	Primavera	49	13.56
30/03/2015		Marzo	Primavera	41	11.33
31/03/2015		Marzo	Primavera	38	10.44
01/04/2015		Marzo	Primavera	35	9.78
02/04/2015		Marzo	Primavera	46	12.67
03/04/2015		Marzo	Primavera	35	9.78
04/04/2015		Marzo	Primavera	30	8.22
05/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
06/04/2015		Abril	Primavera	18	5.11
07/04/2015		Abril	Primavera	22	6.00
08/04/2015		Abril	Primavera	21	5.78
09/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
10/04/2015		Abril	Primavera	23	6.44
11/04/2015		Abril	Primavera	15	4.22
12/04/2015		Abril	Primavera	13	3.56
13/04/2015		Abril	Primavera	22	6.00
14/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
15/04/2015		Abril	Primavera	38	10.44
16/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
17/04/2015		Abril	Primavera	18	4.89
18/04/2015		Abril	Primavera	28	7.78
19/04/2015		Abril	Primavera	21	5.78
20/04/2015		Abril	Primavera	21	5.78
21/04/2015		Abril	Primavera	19	5.33
22/04/2015		Abril	Primavera	32	8.89
23/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
24/04/2015		Abril	Primavera	17	4.67
25/04/2015		Abril	Primavera	23	6.44
26/04/2015		Abril	Primavera	28	7.78
27/04/2015		Abril	Primavera	23	6.44
28/04/2015		Abril	Primavera	26	7.11
29/04/2015		Abril	Primavera	25	6.89
30/04/2015		Abril	Primavera	28	7.78

01/05/2015		Abril	Primavera	35	9.78
02/05/2015		Abril	Primavera	28	7.78
03/05/2015		Abril	Primavera	28	7.78
04/05/2015		Abril	Primavera	19	5.33
05/05/2015		Mayo	Primavera	27	7.56
06/05/2015		Mayo	Primavera	29	8.00
07/05/2015		Mayo	Primavera	14	4.00
08/05/2015		Mayo	Primavera	46	12.89
09/05/2015		Mayo	Primavera	38	10.44
10/05/2015		Mayo	Primavera	23	6.44
11/05/2015		Mayo	Primavera	22	6.00
12/05/2015		Mayo	Primavera	26	7.11
13/05/2015		Mayo	Primavera	21	5.78
14/05/2015		Mayo	Primavera	15	4.22
15/05/2015		Mayo	Primavera	18	5.11
16/05/2015		Mayo	Primavera	20	5.56
17/05/2015		Mayo	Primavera	44	12.22
18/05/2015		Mayo	Primavera	51	14.22
19/05/2015		Mayo	Primavera	51	14.22
20/05/2015		Mayo	Primavera	18	5.11
21/05/2015		Mayo	Primavera	20	5.56
22/05/2015		Mayo	Primavera	38	10.44
23/05/2015		Mayo	Primavera	34	9.33
24/05/2015		Mayo	Primavera	25	6.89
25/05/2015		Mayo	Primavera	26	7.11
26/05/2015		Mayo	Primavera	21	5.78
27/05/2015		Mayo	Primavera	18	5.11
28/05/2015		Mayo	Primavera	22	6.00
29/05/2015		Mayo	Primavera	31	8.67
30/05/2015		Mayo	Primavera	19	5.33
31/05/2015		Mayo	Primavera	18	5.11
01/06/2015		Mayo	Primavera	18	4.89
02/06/2015		Mayo	Primavera	35	9.78
03/06/2015		Mayo	Primavera	21	5.78
04/06/2015		Mayo	Primavera	22	6.00
05/06/2015		Junio	Primavera	21	5.78
06/06/2015		Junio	Primavera	26	7.33
07/06/2015		Junio	Primavera	14	4.00
08/06/2015		Junio	Primavera	18	4.89
09/06/2015		Junio	Primavera	15	4.22
10/06/2015		Junio	Primavera	29	8.00
11/06/2015		Junio	Primavera	18	5.11
12/06/2015		Junio	Primavera	34	9.33

13/06/2015		Junio	Primavera	36	10.00
14/06/2015		Junio	Primavera	26	7.11
15/06/2015		Junio	Primavera	27	7.56
16/06/2015		Junio	Primavera	29	8.00
17/06/2015		Junio	Primavera	32	8.89
18/06/2015		Junio	Primavera	28	7.78
19/06/2015		Junio	Primavera	30	8.22
20/06/2015		Junio	Primavera	26	7.33
21/06/2015		Junio	Primavera	18	4.89
22/06/2015		Junio	Primavera	27	7.56
23/06/2015		Junio	Primavera	15	4.22
24/06/2015		Junio	Primavera	15	4.22
25/06/2015		Junio	Primavera	30	8.22
26/06/2015		Junio	Primavera	34	9.33
27/06/2015		Junio	Verano	18	5.11
28/06/2015		Junio	Verano	30	8.22
29/06/2015		Junio	Verano	19	5.33
30/06/2015		Junio	Verano	25	6.89
01/07/2015		Junio	Verano	26	7.33
02/07/2015		Junio	Verano	28	7.78
03/07/2015		Junio	Verano	21	5.78
04/07/2015		Junio	Verano	33	9.11
05/07/2015		Julio	Verano	30	8.22
06/07/2015		Julio	Verano	26	7.33
07/07/2015		Julio	Verano	30	8.22
08/07/2015		Julio	Verano	34	9.33
09/07/2015		Julio	Verano	22	6.22
10/07/2015		Julio	Verano	34	9.33
11/07/2015		Julio	Verano	38	10.67
12/07/2015		Julio	Verano	26	7.11
13/07/2015		Julio	Verano	26	7.11
14/07/2015		Julio	Verano	31	8.67
15/07/2015		Julio	Verano	29	8.00
16/07/2015		Julio	Verano	26	7.33
17/07/2015		Julio	Verano	22	6.00
18/07/2015		Julio	Verano	22	6.22
19/07/2015		Julio	Verano	38	10.67
20/07/2015		Julio	Verano	36	10.00
21/07/2015		Julio	Verano	32	8.89
22/07/2015		Julio	Verano	38	10.67
23/07/2015		Julio	Verano	22	6.22
24/07/2015		Julio	Verano	21	5.78
25/07/2015		Julio	Verano	30	8.44

26/07/2015		Julio	Verano	21	5.78
27/07/2015		Julio	Verano	25	6.89
28/07/2015		Julio	Verano	32	8.89
29/07/2015		Julio	Verano	31	8.67
30/07/2015		Julio	Verano	36	10.00
31/07/2015		Julio	Verano	36	10.00
01/08/2015		Julio	Verano	42	11.56
02/08/2015		Julio	Verano	34	9.56
03/08/2015		Julio	Verano	30	8.44
04/08/2015		Julio	Verano	36	10.00
05/08/2015		Agosto	Verano	21	5.78
06/08/2015		Agosto	Verano	22	6.22
07/08/2015		Agosto	Verano	24	6.67
08/08/2015		Agosto	Verano	35	9.78
09/08/2015		Agosto	Verano	28	7.78
10/08/2015		Agosto	Verano	32	8.89
11/08/2015		Agosto	Verano	28	7.78
12/08/2015		Agosto	Verano	31	8.67
13/08/2015		Agosto	Verano	23	6.44
14/08/2015		Agosto	Verano	25	6.89
15/08/2015		Agosto	Verano	31	8.67
16/08/2015		Agosto	Verano	23	6.44
17/08/2015		Agosto	Verano	40	11.11
18/08/2015		Agosto	Verano	38	10.44
19/08/2015		Agosto	Verano	30	8.44
20/08/2015		Agosto	Verano	22	6.00
21/08/2015		Agosto	Verano	26	7.33
22/08/2015		Agosto	Verano	26	7.33
23/08/2015		Agosto	Verano	19	5.33
24/08/2015		Agosto	Verano	20	5.56
25/08/2015		Agosto	Verano	25	6.89
26/08/2015		Agosto	Verano	40	11.11
27/08/2015		Agosto	Verano	30	8.44
28/08/2015		Agosto	Verano	42	11.56
29/08/2015		Agosto	Verano	22	6.00
30/08/2015		Agosto	Verano	26	7.33
31/08/2015		Agosto	Verano	30	8.22
01/09/2015		Agosto	Verano	20	5.56
02/09/2015		Agosto	Verano	21	5.78
03/09/2015		Agosto	Verano	48	13.33
04/09/2015		Agosto	Verano	35	9.78
05/09/2015		Septiembre	Verano	23	6.44
06/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.33

07/09/2015		Septiembre	Verano	21	5.78
08/09/2015		Septiembre	Verano	40	11.11
09/09/2015		Septiembre	Verano	17	4.67
10/09/2015		Septiembre	Verano	17	4.67
11/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.11
12/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.11
13/09/2015		Septiembre	Verano	22	6.00
14/09/2015		Septiembre	Verano	19	5.33
15/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.33
16/09/2015		Septiembre	Verano	30	8.44
17/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.11
18/09/2015		Septiembre	Verano	30	8.44
19/09/2015		Septiembre	Verano	27	7.56
20/09/2015		Septiembre	Verano	36	10.00
21/09/2015		Septiembre	Verano	40	11.11
22/09/2015		Septiembre	Verano	19	5.33
23/09/2015		Septiembre	Verano	17	4.67
24/09/2015		Septiembre	Verano	22	6.00
25/09/2015		Septiembre	Verano	26	7.11
26/09/2015		Septiembre	Verano	35	9.78
27/09/2015		Septiembre	Otoño	30	8.44
28/09/2015		Septiembre	Otoño	23	6.44
29/09/2015		Septiembre	Otoño	18	5.11
30/09/2015		Septiembre	Otoño	30	8.22
01/10/2015		Septiembre	Otoño	34	9.33
02/10/2015		Septiembre	Otoño	18	5.11
03/10/2015		Septiembre	Otoño	18	5.11
04/10/2015		Septiembre	Otoño	21	5.78
05/10/2015		Octubre	Otoño	27	7.56
06/10/2015		Octubre	Otoño	35	9.78
07/10/2015		Octubre	Otoño	28	7.78
08/10/2015		Octubre	Otoño	42	11.56
09/10/2015		Octubre	Otoño	14	4.00
10/10/2015		Octubre	Otoño	26	7.11
11/10/2015		Octubre	Otoño	30	8.22
12/10/2015		Octubre	Otoño	13	3.56
13/10/2015		Octubre	Otoño	10	2.67
14/10/2015		Octubre	Otoño	17	4.67
15/10/2015		Octubre	Otoño	26	7.11
16/10/2015		Octubre	Otoño	10	2.67
17/10/2015		Octubre	Otoño	25	6.89
18/10/2015		Octubre	Otoño	18	5.11
19/10/2015		Octubre	Otoño	33	9.11

20/10/2015		Octubre	Otoño	10	2.67
21/10/2015		Octubre	Otoño	17	4.67
22/10/2015		Octubre	Otoño	34	9.56
23/10/2015		Octubre	Otoño	18	5.11
24/10/2015		Octubre	Otoño	20	5.56
25/10/2015		Octubre	Otoño	12	3.33
26/10/2015		Octubre	Otoño	44	12.22
27/10/2015		Octubre	Otoño	18	5.11
28/10/2015		Octubre	Otoño	20	5.56
29/10/2015		Octubre	Otoño	21	5.78
30/10/2015		Octubre	Otoño	26	7.11
31/10/2015		Octubre	Otoño	15	4.22
01/11/2015		Octubre	Otoño	26	7.11
02/11/2015		Octubre	Otoño	9	2.44
03/11/2015		Octubre	Otoño	12	3.33
04/11/2015		Octubre	Otoño	12	3.33
05/11/2015		Noviembre	Otoño	15	4.22
06/11/2015		Noviembre	Otoño	27	7.56
07/11/2015		Noviembre	Otoño	29	8.00
08/11/2015		Noviembre	Otoño	20	5.56
09/11/2015		Noviembre	Otoño	15	4.22
10/11/2015		Noviembre	Otoño	8	2.22
11/11/2015		Noviembre	Otoño	12	3.33
12/11/2015		Noviembre	Otoño	10	2.67
13/11/2015		Noviembre	Otoño	14	3.78
14/11/2015		Noviembre	Otoño	11	3.11
15/11/2015		Noviembre	Otoño	14	3.78
16/11/2015		Noviembre	Otoño	9	2.44
17/11/2015		Noviembre	Otoño	11	3.11
18/11/2015		Noviembre	Otoño	11	3.11
19/11/2015		Noviembre	Otoño	10	2.89
20/11/2015		Noviembre	Otoño	14	3.78
21/11/2015		Noviembre	Otoño	14	3.78
22/11/2015		Noviembre	Otoño	18	5.11
23/11/2015		Noviembre	Otoño	13	3.56
24/11/2015		Noviembre	Otoño	13	3.56
25/11/2015		Noviembre	Otoño	10	2.89
26/11/2015		Noviembre	Otoño	10	2.67
27/11/2015		Noviembre	Otoño	15	4.22
28/11/2015		Noviembre	Otoño	24	6.67
29/11/2015		Noviembre	Otoño	40	11.11
30/11/2015		Noviembre	Otoño	31	8.67
01/12/2015		Noviembre	Otoño	26	7.11

02/12/2015		Noviembre	Otoño	26	7.11
03/12/2015		Noviembre	Otoño	10	2.67
04/12/2015		Noviembre	Otoño	8	2.22
05/12/2015		Diciembre	Otoño	9	2.44
06/12/2015		Diciembre	Otoño	12	3.33
07/12/2015		Diciembre	Otoño	13	3.56
08/12/2015		Diciembre	Otoño	7	2.00
09/12/2015		Diciembre	Otoño	14	3.78
10/12/2015		Diciembre	Otoño	12	3.33
11/12/2015		Diciembre	Otoño	14	3.78
12/12/2015		Diciembre	Otoño	14	4.00
13/12/2015		Diciembre	Otoño	15	4.22
14/12/2015		Diciembre	Otoño	17	4.67
15/12/2015		Diciembre	Otoño	8	2.22
16/12/2015		Diciembre	Otoño	8	2.22
17/12/2015		Diciembre	Otoño	15	4.22
18/12/2015		Diciembre	Otoño	10	2.67
19/12/2015		Diciembre	Otoño	10	2.67
20/12/2015		Diciembre	Otoño	10	2.89
21/12/2015		Diciembre	Otoño	9	2.44
22/12/2015		Diciembre	Otoño	12	3.33
23/12/2015		Diciembre	Otoño	13	3.56
24/12/2015		Diciembre	Otoño	15	4.22
25/12/2015		Diciembre	Otoño	18	4.89
26/12/2015		Diciembre	Otoño	10	2.89
27/12/2015		Diciembre	Otoño	11	3.11
28/12/2015		Diciembre	Invierno	12	3.33
29/12/2015		Diciembre	Invierno	10	2.89
30/12/2015		Diciembre	Invierno	26	7.11
31/12/2015		Diciembre	Invierno	21	5.78

Año 2016

		Mes	Estación	Velocidad	Velocidad2
		Mes	Estación	Km/h	m/s
01/01/2016		Diciembre	Invierno	8	2.22
02/01/2016		Diciembre	Invierno	15	4.22
03/01/2016		Diciembre	Invierno	27	7.56
04/01/2016		Diciembre	Invierno	26	7.11
05/01/2016		Enero	Invierno	26	7.11
06/01/2016		Enero	Invierno	34	9.56
07/01/2016		Enero	Invierno	17	4.67
08/01/2016		Enero	Invierno	43	12.00
09/01/2016		Enero	Invierno	50	13.78
10/01/2016		Enero	Invierno	44	12.22
11/01/2016		Enero	Invierno	32	8.89
12/01/2016		Enero	Invierno	32	8.89
13/01/2016		Enero	Invierno	32	8.89
14/01/2016		Enero	Invierno	44	12.22
15/01/2016		Enero	Invierno	49	13.56
16/01/2016		Enero	Invierno	29	8.00
17/01/2016		Enero	Invierno	20	5.56
18/01/2016		Enero	Invierno	14	3.78
19/01/2016		Enero	Invierno	37	10.22
20/01/2016		Enero	Invierno	26	7.33
21/01/2016		Enero	Invierno	8	2.22
22/01/2016		Enero	Invierno	40	11.11
23/01/2016		Enero	Invierno	42	11.78
24/01/2016		Enero	Invierno	8	2.22
25/01/2016		Enero	Invierno	15	4.22
26/01/2016		Enero	Invierno	10	2.67
27/01/2016		Enero	Invierno	10	2.89
28/01/2016		Enero	Invierno	11	3.11
29/01/2016		Enero	Invierno	14	4.00
30/01/2016		Enero	Invierno	14	3.78
31/01/2016		Enero	Invierno	16	4.44
01/02/2016		Enero	Invierno	15	4.22

02/02/2016		Enero	Invierno	17	4.67
03/02/2016		Enero	Invierno	14	3.78
04/02/2016		Enero	Invierno	41	11.33
05/02/2016		Febrero	Invierno	8	2.22
06/02/2016		Febrero	Invierno	6	1.56
07/02/2016		Febrero	Invierno	32	8.89
08/02/2016		Febrero	Invierno	18	5.11
09/02/2016		Febrero	Invierno	14	3.78
10/02/2016		Febrero	Invierno	40	11.11
11/02/2016		Febrero	Invierno	42	11.78
12/02/2016		Febrero	Invierno	34	9.33
13/02/2016		Febrero	Invierno	34	9.56
14/02/2016		Febrero	Invierno	48	13.33
15/02/2016		Febrero	Invierno	46	12.89
16/02/2016		Febrero	Invierno	45	12.44
17/02/2016		Febrero	Invierno	44	12.22
18/02/2016		Febrero	Invierno	56	15.56
19/02/2016		Febrero	Invierno	54	14.89
20/02/2016		Febrero	Invierno	56	15.56
21/02/2016		Febrero	Invierno	24	6.67
22/02/2016		Febrero	Invierno	34	9.56
23/02/2016		Febrero	Invierno	14	4.00
24/02/2016		Febrero	Invierno	16	4.44
25/02/2016		Febrero	Invierno	21	5.78
26/02/2016		Febrero	Invierno	34	9.56
27/02/2016		Febrero	Invierno	18	4.89
28/02/2016		Febrero	Invierno	30	8.22
29/02/2016		Febrero	Invierno	27	7.56
01/03/2016		Febrero	Invierno	34	9.33
02/03/2016		Febrero	Invierno	48	13.33
03/03/2016		Febrero	Invierno	34	9.56
04/03/2016		Marzo	Invierno	36	10.00
05/03/2016		Marzo	Invierno	33	9.11
06/03/2016		Marzo	Invierno	43	12.00
07/03/2016		Marzo	Invierno	42	11.56
08/03/2016		Marzo	Invierno	31	8.67
09/03/2016		Marzo	Invierno	37	10.22
10/03/2016		Marzo	Invierno	48	13.33
11/03/2016		Marzo	Invierno	34	9.33
12/03/2016		Marzo	Invierno	38	10.44
13/03/2016		Marzo	Invierno	31	8.67
14/03/2016		Marzo	Invierno	42	11.78
15/03/2016		Marzo	Invierno	30	8.22

16/03/2016		Marzo	Invierno	20	5.56
17/03/2016		Marzo	Invierno	23	6.44
18/03/2016		Marzo	Invierno	26	7.11
19/03/2016		Marzo	Invierno	29	8.00
20/03/2016		Marzo	Invierno	22	6.22
21/03/2016		Marzo	Invierno	27	7.56
22/03/2016		Marzo	Invierno	18	5.11
23/03/2016		Marzo	Invierno	26	7.33
24/03/2016		Marzo	Invierno	18	4.89
25/03/2016		Marzo	Invierno	24	6.67
26/03/2016		Marzo	Primavera	34	9.33
27/03/2016		Marzo	Primavera	39	10.89
28/03/2016		Marzo	Primavera	27	7.56
29/03/2016		Marzo	Primavera	30	8.44
30/03/2016		Marzo	Primavera	22	6.00
31/03/2016		Marzo	Primavera	22	6.22
01/04/2016		Marzo	Primavera	34	9.33
02/04/2016		Marzo	Primavera	15	4.22
03/04/2016		Marzo	Primavera	24	6.67
04/04/2016		Abril	Primavera	32	8.89
05/04/2016		Abril	Primavera	39	10.89
06/04/2016		Abril	Primavera	42	11.56
07/04/2016		Abril	Primavera	24	6.67
08/04/2016		Abril	Primavera	26	7.33
09/04/2016		Abril	Primavera	26	7.33
10/04/2016		Abril	Primavera	47	13.11
11/04/2016		Abril	Primavera	35	9.78
12/04/2016		Abril	Primavera	37	10.22
13/04/2016		Abril	Primavera	46	12.89
14/04/2016		Abril	Primavera	28	7.78
15/04/2016		Abril	Primavera	39	10.89
16/04/2016		Abril	Primavera	30	8.22
17/04/2016		Abril	Primavera	30	8.44
18/04/2016		Abril	Primavera	30	8.22
19/04/2016		Abril	Primavera	26	7.33
20/04/2016		Abril	Primavera	32	8.89
21/04/2016		Abril	Primavera	32	8.89
22/04/2016		Abril	Primavera	26	7.11
23/04/2016		Abril	Primavera	23	6.44
24/04/2016		Abril	Primavera	23	6.44
25/04/2016		Abril	Primavera	23	6.44
26/04/2016		Abril	Primavera	28	7.78
27/04/2016		Abril	Primavera	19	5.33

28/04/2016		Abril	Primavera	28	7.78
29/04/2016		Abril	Primavera	22	6.22
30/04/2016		Abril	Primavera	21	5.78
01/05/2016		Abril	Primavera	26	7.33
02/05/2016		Abril	Primavera	19	5.33
03/05/2016		Abril	Primavera	14	4.00
04/05/2016		Mayo	Primavera	44	12.22
05/05/2016		Mayo	Primavera	32	8.89
06/05/2016		Mayo	Primavera	22	6.22
07/05/2016		Mayo	Primavera	14	3.78
08/05/2016		Mayo	Primavera	14	4.00
09/05/2016		Mayo	Primavera	21	5.78
10/05/2016		Mayo	Primavera	19	5.33
11/05/2016		Mayo	Primavera	25	6.89
12/05/2016		Mayo	Primavera	42	11.78
13/05/2016		Mayo	Primavera	29	8.00
14/05/2016		Mayo	Primavera	29	8.00
15/05/2016		Mayo	Primavera	26	7.33
16/05/2016		Mayo	Primavera	25	6.89
17/05/2016		Mayo	Primavera	32	8.89
18/05/2016		Mayo	Primavera	37	10.22
19/05/2016		Mayo	Primavera	22	6.22
20/05/2016		Mayo	Primavera	27	7.56
21/05/2016		Mayo	Primavera	14	4.00
22/05/2016		Mayo	Primavera	28	7.78
23/05/2016		Mayo	Primavera	44	12.22
24/05/2016		Mayo	Primavera	18	5.11
25/05/2016		Mayo	Primavera	42	11.56
26/05/2016		Mayo	Primavera	18	5.11
27/05/2016		Mayo	Primavera	36	10.00
28/05/2016		Mayo	Primavera	27	7.56
29/05/2016		Mayo	Primavera	21	5.78
30/05/2016		Mayo	Primavera	28	7.78
31/05/2016		Mayo	Primavera	31	8.67
01/06/2016		Mayo	Primavera	26	7.11
02/06/2016		Mayo	Primavera	30	8.22
03/06/2016		Mayo	Primavera	22	6.00
04/06/2016		Junio	Primavera	28	7.78
05/06/2016		Junio	Primavera	19	5.33
06/06/2016		Junio	Primavera	28	7.78
07/06/2016		Junio	Primavera	25	6.89
08/06/2016		Junio	Primavera	21	5.78
09/06/2016		Junio	Primavera	22	6.00

10/06/2016		Junio	Primavera	18	5.11
11/06/2016		Junio	Primavera	26	7.11
12/06/2016		Junio	Primavera	20	5.56
13/06/2016		Junio	Primavera	28	7.78
14/06/2016		Junio	Primavera	29	8.00
15/06/2016		Junio	Primavera	34	9.56
16/06/2016		Junio	Primavera	40	11.11
17/06/2016		Junio	Primavera	36	10.00
18/06/2016		Junio	Primavera	32	8.89
19/06/2016		Junio	Primavera	36	10.00
20/06/2016		Junio	Primavera	30	8.22
21/06/2016		Junio	Primavera	34	9.33
22/06/2016		Junio	Primavera	30	8.44
23/06/2016		Junio	Primavera	26	7.11
24/06/2016		Junio	Primavera	17	4.67
25/06/2016		Junio	Primavera	14	4.00
26/06/2016		Junio	Verano	23	6.44
27/06/2016		Junio	Verano	34	9.33
28/06/2016		Junio	Verano	18	5.11
29/06/2016		Junio	Verano	21	5.78
30/06/2016		Junio	Verano	14	4.00
01/07/2016		Junio	Verano	27	7.56
02/07/2016		Junio	Verano	30	8.44
03/07/2016		Junio	Verano	35	9.78
04/07/2016		Julio	Verano	27	7.56
05/07/2016		Julio	Verano	34	9.33
06/07/2016		Julio	Verano	19	5.33
07/07/2016		Julio	Verano	35	9.78
08/07/2016		Julio	Verano	46	12.67
09/07/2016		Julio	Verano	29	8.00
10/07/2016		Julio	Verano	19	5.33
11/07/2016		Julio	Verano	14	4.00
12/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
13/07/2016		Julio	Verano	36	10.00
14/07/2016		Julio	Verano	34	9.33
15/07/2016		Julio	Verano	28	7.78
16/07/2016		Julio	Verano	30	8.22
17/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
18/07/2016		Julio	Verano	19	5.33
19/07/2016		Julio	Verano	18	4.89
20/07/2016		Julio	Verano	20	5.56
21/07/2016		Julio	Verano	26	7.11
22/07/2016		Julio	Verano	32	8.89

23/07/2016		Julio	Verano	24	6.67
24/07/2016		Julio	Verano	36	10.00
25/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
26/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
27/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
28/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
29/07/2016		Julio	Verano	22	6.00
30/07/2016		Julio	Verano	15	4.22
31/07/2016		Julio	Verano	35	9.78
01/08/2016		Julio	Verano	34	9.33
02/08/2016		Julio	Verano	23	6.44
03/08/2016		Julio	Verano	20	5.56
04/08/2016		Agosto	Verano	26	7.11
05/08/2016		Agosto	Verano	23	6.44
06/08/2016		Agosto	Verano	34	9.56
07/08/2016		Agosto	Verano	48	13.33
08/08/2016		Agosto	Verano	19	5.33
09/08/2016		Agosto	Verano	18	5.11
10/08/2016		Agosto	Verano	18	5.11
11/08/2016		Agosto	Verano	32	8.89
12/08/2016		Agosto	Verano	19	5.33
13/08/2016		Agosto	Verano	19	5.33
14/08/2016		Agosto	Verano	14	4.00
15/08/2016		Agosto	Verano	18	4.89
16/08/2016		Agosto	Verano	19	5.33
17/08/2016		Agosto	Verano	22	6.22
18/08/2016		Agosto	Verano	26	7.11
19/08/2016		Agosto	Verano	29	8.00
20/08/2016		Agosto	Verano	25	6.89
21/08/2016		Agosto	Verano	30	8.44
22/08/2016		Agosto	Verano	28	7.78
23/08/2016		Agosto	Verano	19	5.33
24/08/2016		Agosto	Verano	18	5.11
25/08/2016		Agosto	Verano	15	4.22
26/08/2016		Agosto	Verano	17	4.67
27/08/2016		Agosto	Verano	14	4.00
28/08/2016		Agosto	Verano	29	8.00
29/08/2016		Agosto	Verano	22	6.22
30/08/2016		Agosto	Verano	21	5.78
31/08/2016		Agosto	Verano	31	8.67
01/09/2016		Agosto	Verano	18	5.11
02/09/2016		Agosto	Verano	19	5.33
03/09/2016		Agosto	Verano	26	7.11

04/09/2016		Septiembre	Verano	19	5.33
05/09/2016		Septiembre	Verano	18	5.11
06/09/2016		Septiembre	Verano	21	5.78
07/09/2016		Septiembre	Verano	21	5.78
08/09/2016		Septiembre	Verano	32	8.89
09/09/2016		Septiembre	Verano	28	7.78
10/09/2016		Septiembre	Verano	27	7.56
11/09/2016		Septiembre	Verano	35	9.78
12/09/2016		Septiembre	Verano	26	7.33
13/09/2016		Septiembre	Verano	21	5.78
14/09/2016		Septiembre	Verano	22	6.22
15/09/2016		Septiembre	Verano	20	5.56
16/09/2016		Septiembre	Verano	27	7.56
17/09/2016		Septiembre	Verano	37	10.22
18/09/2016		Septiembre	Verano	30	8.44
19/09/2016		Septiembre	Verano	28	7.78
20/09/2016		Septiembre	Verano	36	10.00
21/09/2016		Septiembre	Verano	30	8.22
22/09/2016		Septiembre	Verano	23	6.44
23/09/2016		Septiembre	Verano	22	6.00
24/09/2016		Septiembre	Verano	26	7.11
25/09/2016		Septiembre	Verano	22	6.22
26/09/2016		Septiembre	Otoño	23	6.44
27/09/2016		Septiembre	Otoño	23	6.44
28/09/2016		Septiembre	Otoño	19	5.33
29/09/2016		Septiembre	Otoño	36	10.00
30/09/2016		Septiembre	Otoño	30	8.44
01/10/2016		Septiembre	Otoño	29	8.00
02/10/2016		Septiembre	Otoño	22	6.00
03/10/2016		Septiembre	Otoño	18	4.89
04/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
05/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
06/10/2016		Octubre	Otoño	27	7.56
07/10/2016		Octubre	Otoño	28	7.78
08/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
09/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
10/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
11/10/2016		Octubre	Otoño	26	7.11
12/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
13/10/2016		Octubre	Otoño	21	5.78
14/10/2016		Octubre	Otoño	18	5.11
15/10/2016		Octubre	Otoño	25	6.89
16/10/2016		Octubre	Otoño	26	7.11

17/10/2016		Octubre	Otoño	19	5.33
18/10/2016		Octubre	Otoño	26	7.11
19/10/2016		Octubre	Otoño	21	5.78
20/10/2016		Octubre	Otoño	19	5.33
21/10/2016		Octubre	Otoño	17	4.67
22/10/2016		Octubre	Otoño	13	3.56
23/10/2016		Octubre	Otoño	9	2.44
24/10/2016		Octubre	Otoño	9	2.44
25/10/2016		Octubre	Otoño	12	3.33
26/10/2016		Octubre	Otoño	8	2.22
27/10/2016		Octubre	Otoño	26	7.11
28/10/2016		Octubre	Otoño	38	10.44
29/10/2016		Octubre	Otoño	21	5.78
30/10/2016		Octubre	Otoño	21	5.78
31/10/2016		Octubre	Otoño	10	2.67
01/11/2016		Octubre	Otoño	12	3.33
02/11/2016		Octubre	Otoño	12	3.33
03/11/2016		Octubre	Otoño	10	2.67
04/11/2016		Noviembre	Otoño	7	2.00
05/11/2016		Noviembre	Otoño	14	4.00
06/11/2016		Noviembre	Otoño	17	4.67
07/11/2016		Noviembre	Otoño	18	5.11
08/11/2016		Noviembre	Otoño	36	10.00
09/11/2016		Noviembre	Otoño	38	10.44
10/11/2016		Noviembre	Otoño	35	9.78
11/11/2016		Noviembre	Otoño	42	11.56
12/11/2016		Noviembre	Otoño	38	10.67
13/11/2016		Noviembre	Otoño	17	4.67
14/11/2016		Noviembre	Otoño	13	3.56
15/11/2016		Noviembre	Otoño	22	6.00
16/11/2016		Noviembre	Otoño	35	9.78
17/11/2016		Noviembre	Otoño	30	8.44
18/11/2016		Noviembre	Otoño	13	3.56
19/11/2016		Noviembre	Otoño	13	3.56
20/11/2016		Noviembre	Otoño	12	3.33
21/11/2016		Noviembre	Otoño	22	6.22
22/11/2016		Noviembre	Otoño	30	8.22
23/11/2016		Noviembre	Otoño	8	2.22
24/11/2016		Noviembre	Otoño	28	7.78
25/11/2016		Noviembre	Otoño	21	5.78
26/11/2016		Noviembre	Otoño	34	9.33
27/11/2016		Noviembre	Otoño	26	7.11
28/11/2016		Noviembre	Otoño	14	3.78

29/11/2016		Noviembre	Otoño	14	4.00
30/11/2016		Noviembre	Otoño	18	5.11
01/12/2016		Noviembre	Otoño	14	4.00
02/12/2016		Noviembre	Otoño	15	4.22
03/12/2016		Noviembre	Otoño	26	7.33
04/12/2016		Diciembre	Otoño	10	2.67
05/12/2016		Diciembre	Otoño	11	3.11
06/12/2016		Diciembre	Otoño	12	3.33
07/12/2016		Diciembre	Otoño	18	5.11
08/12/2016		Diciembre	Otoño	17	4.67
09/12/2016		Diciembre	Otoño	11	3.11
10/12/2016		Diciembre	Otoño	6	1.78
11/12/2016		Diciembre	Otoño	14	3.78
12/12/2016		Diciembre	Otoño	8	2.22
13/12/2016		Diciembre	Otoño	14	4.00
14/12/2016		Diciembre	Otoño	10	2.67
15/12/2016		Diciembre	Otoño	18	5.11
16/12/2016		Diciembre	Otoño	7	2.00
17/12/2016		Diciembre	Otoño	12	3.33
18/12/2016		Diciembre	Otoño	12	3.33
19/12/2016		Diciembre	Otoño	18	5.11
20/12/2016		Diciembre	Otoño	32	8.89
21/12/2016		Diciembre	Otoño	27	7.56
22/12/2016		Diciembre	Otoño	20	5.56
23/12/2016		Diciembre	Otoño	36	10.00
24/12/2016		Diciembre	Otoño	35	9.78
25/12/2016		Diciembre	Otoño	13	3.56
26/12/2016		Diciembre	Otoño	22	6.00
27/12/2016		Diciembre	Invierno	9	2.44
28/12/2016		Diciembre	Invierno	10	2.67
29/12/2016		Diciembre	Invierno	10	2.67
30/12/2016		Diciembre	Invierno	7	2.00
31/12/2016		Diciembre	Invierno	8	2.22

Año 2017

	Mes	Estación	Km/h	m/s	
01/01/2017		Diciembre	Invierno	12	3.33
02/01/2017		Diciembre	Invierno	8	2.22
03/01/2017		Diciembre	Invierno	9	2.44
04/01/2017		Diciembre	Invierno	15	4.22
05/01/2017		Enero	Invierno	7	2.00
06/01/2017		Enero	Invierno	15	4.22
07/01/2017		Enero	Invierno	14	4.00
08/01/2017		Enero	Invierno	38	10.67
09/01/2017		Enero	Invierno	31	8.67
10/01/2017		Enero	Invierno	10	2.67
11/01/2017		Enero	Invierno	8	2.22
12/01/2017		Enero	Invierno	15	4.22
13/01/2017		Enero	Invierno	25	6.89
14/01/2017		Enero	Invierno	41	11.33
15/01/2017		Enero	Invierno	49	13.56
16/01/2017		Enero	Invierno	32	8.89
17/01/2017		Enero	Invierno	40	11.11
18/01/2017		Enero	Invierno	42	11.78
19/01/2017		Enero	Invierno	51	14.22
20/01/2017		Enero	Invierno	46	12.67
21/01/2017		Enero	Invierno	62	17.33
22/01/2017		Enero	Invierno	54	14.89
23/01/2017		Enero	Invierno	30	8.44
24/01/2017		Enero	Invierno	34	9.33
25/01/2017		Enero	Invierno	29	8.00
26/01/2017		Enero	Invierno	31	8.67
27/01/2017		Enero	Invierno	30	8.44
28/01/2017		Enero	Invierno	34	9.56
29/01/2017		Enero	Invierno	14	4.00
30/01/2017		Enero	Invierno	13	3.56
31/01/2017		Enero	Invierno	26	7.33
01/02/2017		Enero	Invierno	41	11.33
02/02/2017		Enero	Invierno	13	3.56
03/02/2017		Enero	Invierno	10	2.89
04/02/2017		Enero	Invierno	10	2.67
05/02/2017		Febrero	Invierno	12	3.33
06/02/2017		Febrero	Invierno	38	10.44
07/02/2017		Febrero	Invierno	40	11.11
08/02/2017		Febrero	Invierno	43	12.00
09/02/2017		Febrero	Invierno	51	14.22

10/02/2017		Febrero	Invierno	50	14.00
11/02/2017		Febrero	Invierno	56	15.56
12/02/2017		Febrero	Invierno	42	11.78
13/02/2017		Febrero	Invierno	14	3.78
14/02/2017		Febrero	Invierno	14	4.00
15/02/2017		Febrero	Invierno	15	4.22
16/02/2017		Febrero	Invierno	23	6.44
17/02/2017		Febrero	Invierno	28	7.78
18/02/2017		Febrero	Invierno	9	2.44
19/02/2017		Febrero	Invierno	15	4.22
20/02/2017		Febrero	Invierno	14	3.78
21/02/2017		Febrero	Invierno	14	3.78
22/02/2017		Febrero	Invierno	17	4.67
23/02/2017		Febrero	Invierno	20	5.56
24/02/2017		Febrero	Invierno	18	4.89
25/02/2017		Febrero	Invierno	17	4.67
26/02/2017		Febrero	Invierno	14	3.78
27/02/2017		Febrero	Invierno	20	5.56
28/02/2017		Febrero	Invierno	34	9.56
01/03/2017		Febrero	Invierno	17	4.67
02/03/2017		Febrero	Invierno	15	4.22
03/03/2017		Febrero	Invierno	31	8.67
04/03/2017		Febrero	Invierno	38	10.44
05/03/2017		Marzo	Invierno	28	7.78
06/03/2017		Marzo	Invierno	19	5.33
07/03/2017		Marzo	Invierno	50	14.00
08/03/2017		Marzo	Invierno	32	8.89
09/03/2017		Marzo	Invierno	25	6.89
10/03/2017		Marzo	Invierno	35	9.78
11/03/2017		Marzo	Invierno	30	8.22
12/03/2017		Marzo	Invierno	18	4.89
13/03/2017		Marzo	Invierno	18	4.89
14/03/2017		Marzo	Invierno	22	6.22
15/03/2017		Marzo	Invierno	38	10.44
16/03/2017		Marzo	Invierno	48	13.33
17/03/2017		Marzo	Invierno	64	17.78
18/03/2017		Marzo	Invierno	38	10.44
19/03/2017		Marzo	Invierno	22	6.22
20/03/2017		Marzo	Invierno	26	7.33
21/03/2017		Marzo	Invierno	20	5.56
22/03/2017		Marzo	Invierno	15	4.22
23/03/2017		Marzo	Invierno	19	5.33
24/03/2017		Marzo	Invierno	28	7.78

25/03/2017		Marzo	Invierno	32	8.89
26/03/2017		Marzo	Primavera	38	10.67
27/03/2017		Marzo	Primavera	31	8.67
28/03/2017		Marzo	Primavera	22	6.00
29/03/2017		Marzo	Primavera	29	8.00
30/03/2017		Marzo	Primavera	28	7.78
31/03/2017		Marzo	Primavera	34	9.56
01/04/2017		Marzo	Primavera	15	4.22
02/04/2017		Marzo	Primavera	14	4.00
03/04/2017		Marzo	Primavera	22	6.00
04/04/2017		Marzo	Primavera	34	9.56
05/04/2017		Abril	Primavera	50	14.00
06/04/2017		Abril	Primavera	38	10.44
07/04/2017		Abril	Primavera	25	6.89
08/04/2017		Abril	Primavera	42	11.78
09/04/2017		Abril	Primavera	59	16.44
10/04/2017		Abril	Primavera	21	5.78
11/04/2017		Abril	Primavera	15	4.22
12/04/2017		Abril	Primavera	15	4.22
13/04/2017		Abril	Primavera	14	4.00
14/04/2017		Abril	Primavera	19	5.33
15/04/2017		Abril	Primavera	25	6.89
16/04/2017		Abril	Primavera	28	7.78
17/04/2017		Abril	Primavera	32	8.89
18/04/2017		Abril	Primavera	29	8.00
19/04/2017		Abril	Primavera	34	9.33
20/04/2017		Abril	Primavera	21	5.78
21/04/2017		Abril	Primavera	21	5.78
22/04/2017		Abril	Primavera	21	5.78
23/04/2017		Abril	Primavera	18	4.89
24/04/2017		Abril	Primavera	22	6.00
25/04/2017		Abril	Primavera	20	5.56
26/04/2017		Abril	Primavera	14	3.78
27/04/2017		Abril	Primavera	17	4.67
28/04/2017		Abril	Primavera	2	0.44
29/04/2017		Abril	Primavera	36	10.00
30/04/2017		Abril	Primavera	31	8.67
01/05/2017		Abril	Primavera	19	5.33
02/05/2017		Abril	Primavera	23	6.44
03/05/2017		Abril	Primavera	9	2.44
04/05/2017		Abril	Primavera	34	9.56
05/05/2017		Mayo	Primavera	25	6.89
06/05/2017		Mayo	Primavera	15	4.22

07/05/2017		Mayo	Primavera	15	4.22
08/05/2017		Mayo	Primavera	14	3.78
09/05/2017		Mayo	Primavera	38	10.67
10/05/2017		Mayo	Primavera	22	6.00
11/05/2017		Mayo	Primavera	18	5.11
12/05/2017		Mayo	Primavera	18	5.11
13/05/2017		Mayo	Primavera	34	9.33
14/05/2017		Mayo	Primavera	40	11.11
15/05/2017		Mayo	Primavera	38	10.67
16/05/2017		Mayo	Primavera	32	8.89
17/05/2017		Mayo	Primavera	30	8.22
18/05/2017		Mayo	Primavera	19	5.33
19/05/2017		Mayo	Primavera	19	5.33
20/05/2017		Mayo	Primavera	14	4.00
21/05/2017		Mayo	Primavera	32	8.89
22/05/2017		Mayo	Primavera	44	12.22
23/05/2017		Mayo	Primavera	28	7.78
24/05/2017		Mayo	Primavera	19	5.33
25/05/2017		Mayo	Primavera	14	4.00
26/05/2017		Mayo	Primavera	19	5.33
27/05/2017		Mayo	Primavera	22	6.22
28/05/2017		Mayo	Primavera	18	5.11
29/05/2017		Mayo	Primavera	27	7.56
30/05/2017		Mayo	Primavera	31	8.67
31/05/2017		Mayo	Primavera	22	6.00
01/06/2017		Mayo	Primavera	21	5.78
02/06/2017		Mayo	Primavera	23	6.44
03/06/2017		Mayo	Primavera	22	6.22
04/06/2017		Mayo	Primavera	17	4.67
05/06/2017		Junio	Primavera	19	5.33
06/06/2017		Junio	Primavera	28	7.78
07/06/2017		Junio	Primavera	30	8.44
08/06/2017		Junio	Primavera	38	10.67
09/06/2017		Junio	Primavera	28	7.78
10/06/2017		Junio	Primavera	40	11.11
11/06/2017		Junio	Primavera	19	5.33
12/06/2017		Junio	Primavera	20	5.56
13/06/2017		Junio	Primavera	19	5.33
14/06/2017		Junio	Primavera	21	5.78
15/06/2017		Junio	Primavera	14	4.00
16/06/2017		Junio	Primavera	18	5.11
17/06/2017		Junio	Primavera	17	4.67
18/06/2017		Junio	Primavera	25	6.89

19/06/2017		Junio	Primavera	34	9.56
20/06/2017		Junio	Primavera	15	4.22
21/06/2017		Junio	Primavera	27	7.56
22/06/2017		Junio	Primavera	21	5.78
23/06/2017		Junio	Primavera	26	7.11
24/06/2017		Junio	Primavera	34	9.33
25/06/2017		Junio	Primavera	28	7.78
26/06/2017		Junio	Verano	22	6.00
27/06/2017		Junio	Verano	27	7.56
28/06/2017		Junio	Verano	22	6.00
29/06/2017		Junio	Verano	32	8.89
30/06/2017		Junio	Verano	25	6.89
01/07/2017		Junio	Verano	41	11.33
02/07/2017		Junio	Verano	50	14.00
03/07/2017		Junio	Verano	35	9.78
04/07/2017		Junio	Verano	42	11.78
05/07/2017		Julio	Verano	36	10.00
06/07/2017		Julio	Verano	19	5.33
07/07/2017		Julio	Verano	15	4.22
08/07/2017		Julio	Verano	19	5.33
09/07/2017		Julio	Verano	29	8.00
10/07/2017		Julio	Verano	43	12.00
11/07/2017		Julio	Verano	35	9.78
12/07/2017		Julio	Verano	26	7.11
13/07/2017		Julio	Verano	26	7.11
14/07/2017		Julio	Verano	22	6.22
15/07/2017		Julio	Verano	23	6.44
16/07/2017		Julio	Verano	34	9.33
17/07/2017		Julio	Verano	29	8.00
18/07/2017		Julio	Verano	27	7.56
19/07/2017		Julio	Verano	15	4.22
20/07/2017		Julio	Verano	22	6.00
21/07/2017		Julio	Verano	22	6.22
22/07/2017		Julio	Verano	26	7.11
23/07/2017		Julio	Verano	26	7.11
24/07/2017		Julio	Verano	32	8.89
25/07/2017		Julio	Verano	29	8.00
26/07/2017		Julio	Verano	28	7.78
27/07/2017		Julio	Verano	32	8.89
28/07/2017		Julio	Verano	34	9.33
29/07/2017		Julio	Verano	34	9.33
30/07/2017		Julio	Verano	30	8.22
31/07/2017		Julio	Verano	40	11.11

01/08/2017		Julio	Verano	28	7.78
02/08/2017		Julio	Verano	27	7.56
03/08/2017		Julio	Verano	34	9.33
04/08/2017		Julio	Verano	30	8.44
05/08/2017		Agosto	Verano	22	6.00
06/08/2017		Agosto	Verano	19	5.33
07/08/2017		Agosto	Verano	31	8.67
08/08/2017		Agosto	Verano	40	11.11
09/08/2017		Agosto	Verano	31	8.67
10/08/2017		Agosto	Verano	21	5.78
11/08/2017		Agosto	Verano	30	8.22
12/08/2017		Agosto	Verano	40	11.11
13/08/2017		Agosto	Verano	35	9.78
14/08/2017		Agosto	Verano	28	7.78
15/08/2017		Agosto	Verano	22	6.00
16/08/2017		Agosto	Verano	14	4.00
17/08/2017		Agosto	Verano	22	6.00
18/08/2017		Agosto	Verano	21	5.78
19/08/2017		Agosto	Verano	25	6.89
20/08/2017		Agosto	Verano	25	6.89
21/08/2017		Agosto	Verano	21	5.78
22/08/2017		Agosto	Verano	30	8.44
23/08/2017		Agosto	Verano	21	5.78
24/08/2017		Agosto	Verano	14	4.00
25/08/2017		Agosto	Verano	21	5.78
26/08/2017		Agosto	Verano	27	7.56
27/08/2017		Agosto	Verano	26	7.11
28/08/2017		Agosto	Verano	33	9.11
29/08/2017		Agosto	Verano	30	8.22
30/08/2017		Agosto	Verano	34	9.33
31/08/2017		Agosto	Verano	32	8.89
01/09/2017		Agosto	Verano	21	5.78
02/09/2017		Agosto	Verano	19	5.33
03/09/2017		Agosto	Verano	30	8.22
04/09/2017		Agosto	Verano	28	7.78
05/09/2017		Septiembre	Verano	30	8.22
06/09/2017		Septiembre	Verano	28	7.78
07/09/2017		Septiembre	Verano	20	5.56
08/09/2017		Septiembre	Verano	36	10.00
09/09/2017		Septiembre	Verano	14	3.78
10/09/2017		Septiembre	Verano	23	6.44
11/09/2017		Septiembre	Verano	29	8.00
12/09/2017		Septiembre	Verano	27	7.56

13/09/2017		Septiembre	Verano	40	11.11
14/09/2017		Septiembre	Verano	42	11.56
15/09/2017		Septiembre	Verano	38	10.44
16/09/2017		Septiembre	Verano	34	9.33
17/09/2017		Septiembre	Verano	22	6.00
18/09/2017		Septiembre	Verano	27	7.56
19/09/2017		Septiembre	Verano	29	8.00
20/09/2017		Septiembre	Verano	28	7.78
21/09/2017		Septiembre	Verano	28	7.78
22/09/2017		Septiembre	Verano	34	9.56
23/09/2017		Septiembre	Verano	26	7.11
24/09/2017		Septiembre	Verano	15	4.22
25/09/2017		Septiembre	Verano	23	6.44
26/09/2017		Septiembre	Otoño	38	10.67
27/09/2017		Septiembre	Otoño	14	4.00
28/09/2017		Septiembre	Otoño	23	6.44
29/09/2017		Septiembre	Otoño	38	10.44
30/09/2017		Septiembre	Otoño	12	3.33
01/10/2017		Septiembre	Otoño	17	4.67
02/10/2017		Septiembre	Otoño	14	4.00
03/10/2017		Septiembre	Otoño	13	3.56
04/10/2017		Septiembre	Otoño	22	6.00
05/10/2017		Octubre	Otoño	26	7.33
06/10/2017		Octubre	Otoño	19	5.33
07/10/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
08/10/2017		Octubre	Otoño	17	4.67
09/10/2017		Octubre	Otoño	23	6.44
10/10/2017		Octubre	Otoño	27	7.56
11/10/2017		Octubre	Otoño	19	5.33
12/10/2017		Octubre	Otoño	12	3.33
13/10/2017		Octubre	Otoño	18	5.11
14/10/2017		Octubre	Otoño	17	4.67
15/10/2017		Octubre	Otoño	21	5.78
16/10/2017		Octubre	Otoño	14	4.00
17/10/2017		Octubre	Otoño	21	5.78
18/10/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
19/10/2017		Octubre	Otoño	14	4.00
20/10/2017		Octubre	Otoño	14	4.00
21/10/2017		Octubre	Otoño	14	4.00
22/10/2017		Octubre	Otoño	28	7.78
23/10/2017		Octubre	Otoño	25	6.89
24/10/2017		Octubre	Otoño	22	6.22
25/10/2017		Octubre	Otoño	35	9.78

26/10/2017		Octubre	Otoño	21	5.78
27/10/2017		Octubre	Otoño	9	2.44
28/10/2017		Octubre	Otoño	18	5.11
29/10/2017		Octubre	Otoño	12	3.33
30/10/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
31/10/2017		Octubre	Otoño	42	11.78
01/11/2017		Octubre	Otoño	32	8.89
02/11/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
03/11/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
04/11/2017		Octubre	Otoño	15	4.22
05/11/2017		Noviembre	Otoño	14	3.78
06/11/2017		Noviembre	Otoño	14	3.78
07/11/2017		Noviembre	Otoño	18	5.11
08/11/2017		Noviembre	Otoño	34	9.33
09/11/2017		Noviembre	Otoño	54	14.89
10/11/2017		Noviembre	Otoño	41	11.33
11/11/2017		Noviembre	Otoño	36	10.00
12/11/2017		Noviembre	Otoño	38	10.67
13/11/2017		Noviembre	Otoño	43	12.00
14/11/2017		Noviembre	Otoño	48	13.33
15/11/2017		Noviembre	Otoño	38	10.67
16/11/2017		Noviembre	Otoño	31	8.67
17/11/2017		Noviembre	Otoño	51	14.22
18/11/2017		Noviembre	Otoño	14	3.78
19/11/2017		Noviembre	Otoño	8	2.22
20/11/2017		Noviembre	Otoño	14	3.78
21/11/2017		Noviembre	Otoño	13	3.56
22/11/2017		Noviembre	Otoño	13	3.56
23/11/2017		Noviembre	Otoño	13	3.56
24/11/2017		Noviembre	Otoño	8	2.22
25/11/2017		Noviembre	Otoño	14	3.78
26/11/2017		Noviembre	Otoño	10	2.67
27/11/2017		Noviembre	Otoño	14	4.00
28/11/2017		Noviembre	Otoño	20	5.56
29/11/2017		Noviembre	Otoño	38	10.67
30/11/2017		Noviembre	Otoño	23	6.44
01/12/2017		Noviembre	Otoño	8	2.22
02/12/2017		Noviembre	Otoño	8	2.22
03/12/2017		Noviembre	Otoño	32	8.89
04/12/2017		Noviembre	Otoño	36	10.00
05/12/2017		Diciembre	Otoño	42	11.78
06/12/2017		Diciembre	Otoño	46	12.67
07/12/2017		Diciembre	Otoño	48	13.33

08/12/2017		Diciembre	Otoño	15	4.22
09/12/2017		Diciembre	Otoño	8	2.22
10/12/2017		Diciembre	Otoño	10	2.67
11/12/2017		Diciembre	Otoño	14	3.78
12/12/2017		Diciembre	Otoño	25	6.89
13/12/2017		Diciembre	Otoño	26	7.11
14/12/2017		Diciembre	Otoño	56	15.56
15/12/2017		Diciembre	Otoño	54	15.11
16/12/2017		Diciembre	Otoño	38	10.44
17/12/2017		Diciembre	Otoño	27	7.56
18/12/2017		Diciembre	Otoño	30	8.44
19/12/2017		Diciembre	Otoño	48	13.33
20/12/2017		Diciembre	Otoño	42	11.78
21/12/2017		Diciembre	Otoño	31	8.67
22/12/2017		Diciembre	Otoño	48	13.33
23/12/2017		Diciembre	Otoño	62	17.33
24/12/2017		Diciembre	Otoño	25	6.89
25/12/2017		Diciembre	Otoño	34	9.56
26/12/2017		Diciembre	Otoño	14	3.78
27/12/2017		Diciembre	Invierno	17	4.67
28/12/2017		Diciembre	Invierno	14	3.78
29/12/2017		Diciembre	Invierno	14	4.00
30/12/2017		Diciembre	Invierno	34	9.33
31/12/2017		Diciembre	Invierno	54	15.11
01/01/2018		Diciembre	Invierno	52	14.44
02/01/2018		Diciembre	Invierno	54	15.11
03/01/2018		Diciembre	Invierno	30	8.22

Año 2018

	Mes	Estación	Km/h	m/s	
01/01/2018		Diciembre	Invierno	52	14.44
02/01/2018		Diciembre	Invierno	54	15.11
03/01/2018		Diciembre	Invierno	30	8.22
04/01/2018		Diciembre	Invierno	37	10.22
05/01/2018		Enero	Invierno	45	12.44
06/01/2018		Enero	Invierno	42	11.78
07/01/2018		Enero	Invierno	44	12.22
08/01/2018		Enero	Invierno	32	8.89
09/01/2018		Enero	Invierno	22	6.00
10/01/2018		Enero	Invierno	72	20.00
11/01/2018		Enero	Invierno	51	14.22
12/01/2018		Enero	Invierno	12	3.33
13/01/2018		Enero	Invierno	8	2.22
14/01/2018		Enero	Invierno	49	13.56
15/01/2018		Enero	Invierno	55	15.33
16/01/2018		Enero	Invierno	36	10.00
17/01/2018		Enero	Invierno	20	5.56
18/01/2018		Enero	Invierno	24	6.67
19/01/2018		Enero	Invierno	24	6.67
20/01/2018		Enero	Invierno	36	10.00
21/01/2018		Enero	Invierno	49	13.56
22/01/2018		Enero	Invierno	13	3.56
23/01/2018		Enero	Invierno	35	9.78
24/01/2018		Enero	Invierno	39	10.89
25/01/2018		Enero	Invierno	30	8.44
26/01/2018		Enero	Invierno	18	4.89
27/01/2018		Enero	Invierno	14	3.78
28/01/2018		Enero	Invierno	14	4.00
29/01/2018		Enero	Invierno	43	12.00
30/01/2018		Enero	Invierno	52	14.44
31/01/2018		Enero	Invierno	46	12.67
01/02/2018		Enero	Invierno	30	8.44
02/02/2018		Enero	Invierno	17	4.67
03/02/2018		Enero	Invierno	10	2.67
04/02/2018		Enero	Invierno	22	6.00
05/02/2018		Febrero	Invierno	38	10.44
06/02/2018		Febrero	Invierno	50	14.00
07/02/2018		Febrero	Invierno	38	10.44

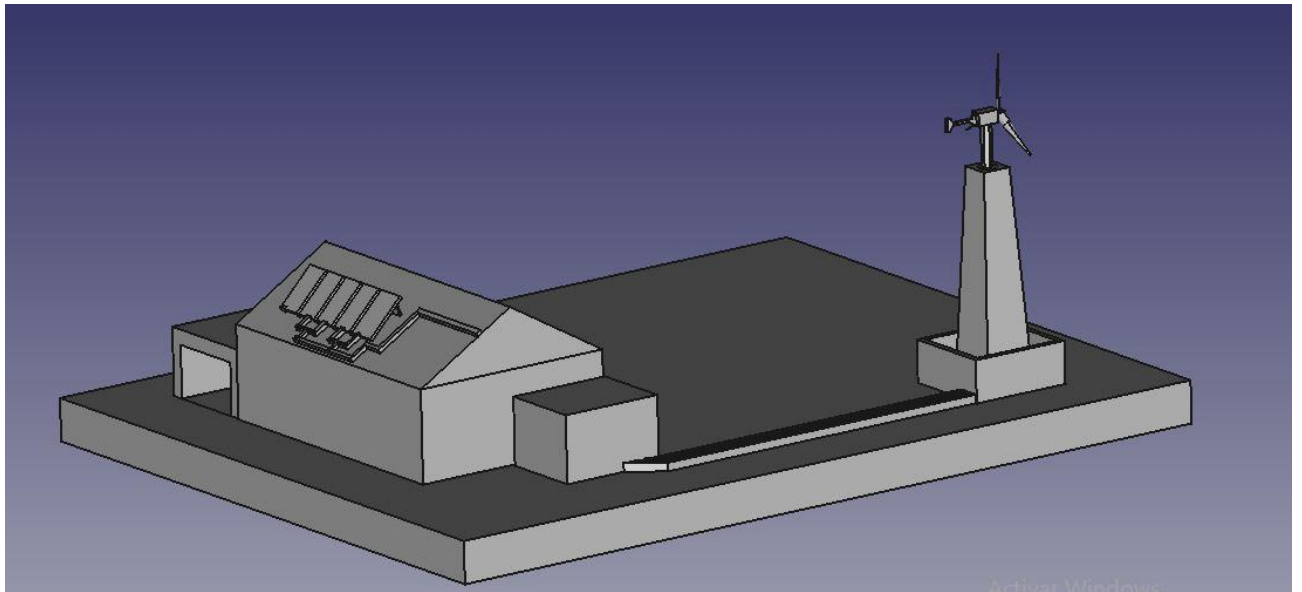
08/02/2018		Febrero	Invierno	35	9.78
09/02/2018		Febrero	Invierno	30	8.44
10/02/2018		Febrero	Invierno	51	14.22
11/02/2018		Febrero	Invierno	38	10.44
12/02/2018		Febrero	Invierno	32	8.89
13/02/2018		Febrero	Invierno	36	10.00
14/02/2018		Febrero	Invierno	32	8.89
15/02/2018		Febrero	Invierno	42	11.78
16/02/2018		Febrero	Invierno	52	14.44
17/02/2018		Febrero	Invierno	31	8.67
18/02/2018		Febrero	Invierno	36	10.00
19/02/2018		Febrero	Invierno	26	7.33
20/02/2018		Febrero	Invierno	15	4.22
21/02/2018		Febrero	Invierno	26	7.33
22/02/2018		Febrero	Invierno	26	7.33
23/02/2018		Febrero	Invierno	34	9.33
24/02/2018		Febrero	Invierno	42	11.56
25/02/2018		Febrero	Invierno	52	14.44
26/02/2018		Febrero	Invierno	32	8.89
27/02/2018		Febrero	Invierno	22	6.00
28/02/2018		Febrero	Invierno	15	4.22
01/03/2018		Febrero	Invierno	14	4.00
02/03/2018		Febrero	Invierno	20	5.56
03/03/2018		Febrero	Invierno	13	3.56
04/03/2018		Febrero	Invierno	42	11.56
05/03/2018		Marzo	Invierno	42	11.56
06/03/2018		Marzo	Invierno	22	6.00
07/03/2018		Marzo	Invierno	37	10.22
08/03/2018		Marzo	Invierno	34	9.33
09/03/2018		Marzo	Invierno	43	12.00
10/03/2018		Marzo	Invierno	34	9.33
11/03/2018		Marzo	Invierno	26	7.11
12/03/2018		Marzo	Invierno	8	2.22
13/03/2018		Marzo	Invierno	32	8.89
14/03/2018		Marzo	Invierno	40	11.11
15/03/2018		Marzo	Invierno	48	13.33
16/03/2018		Marzo	Invierno	48	13.33
17/03/2018		Marzo	Invierno	28	7.78
18/03/2018		Marzo	Invierno	39	10.89
19/03/2018		Marzo	Invierno	31	8.67
20/03/2018		Marzo	Invierno	29	8.00
21/03/2018		Marzo	Invierno	28	7.78
22/03/2018		Marzo	Invierno	32	8.89

23/03/2018		Marzo	Invierno	48	13.33
24/03/2018		Marzo	Invierno	64	17.78
25/03/2018		Marzo	Invierno	56	15.56
26/03/2018		Marzo	Primavera	40	11.11
27/03/2018		Marzo	Primavera	45	12.44
28/03/2018		Marzo	Primavera	52	14.44
29/03/2018		Marzo	Primavera	44	12.22
30/03/2018		Marzo	Primavera	43	12.00
31/03/2018		Marzo	Primavera	42	11.56
01/04/2018		Marzo	Primavera	32	8.89
02/04/2018		Marzo	Primavera	26	7.11
03/04/2018		Marzo	Primavera	50	14.00
04/04/2018		Marzo	Primavera	45	12.44
05/04/2018		Abril	Primavera	15	4.22
06/04/2018		Abril	Primavera	8	2.22
07/04/2018		Abril	Primavera	36	10.00
08/04/2018		Abril	Primavera	31	8.67
09/04/2018		Abril	Primavera	29	8.00
10/04/2018		Abril	Primavera	17	4.67
11/04/2018		Abril	Primavera	20	5.56
12/04/2018		Abril	Primavera	13	3.56
13/04/2018		Abril	Primavera	28	7.78
14/04/2018		Abril	Primavera	31	8.67
15/04/2018		Abril	Primavera	62	17.33
16/04/2018		Abril	Primavera	29	8.00
17/04/2018		Abril	Primavera	18	4.89
18/04/2018		Abril	Primavera	18	4.89
19/04/2018		Abril	Primavera	31	8.67
20/04/2018		Abril	Primavera	38	10.67
21/04/2018		Abril	Primavera	14	4.00
22/04/2018		Abril	Primavera	18	4.89
23/04/2018		Abril	Primavera	19	5.33
24/04/2018		Abril	Primavera	22	6.22
25/04/2018		Abril	Primavera	21	5.78
26/04/2018		Abril	Primavera	24	6.67
27/04/2018		Abril	Primavera	19	5.33
28/04/2018		Abril	Primavera	19	5.33
29/04/2018		Abril	Primavera	21	5.78
30/04/2018		Abril	Primavera	29	8.00
01/05/2018		Abril	Primavera	34	9.33
02/05/2018		Abril	Primavera	34	9.33
03/05/2018		Abril	Primavera	31	8.67
04/05/2018		Abril	Primavera	34	9.56

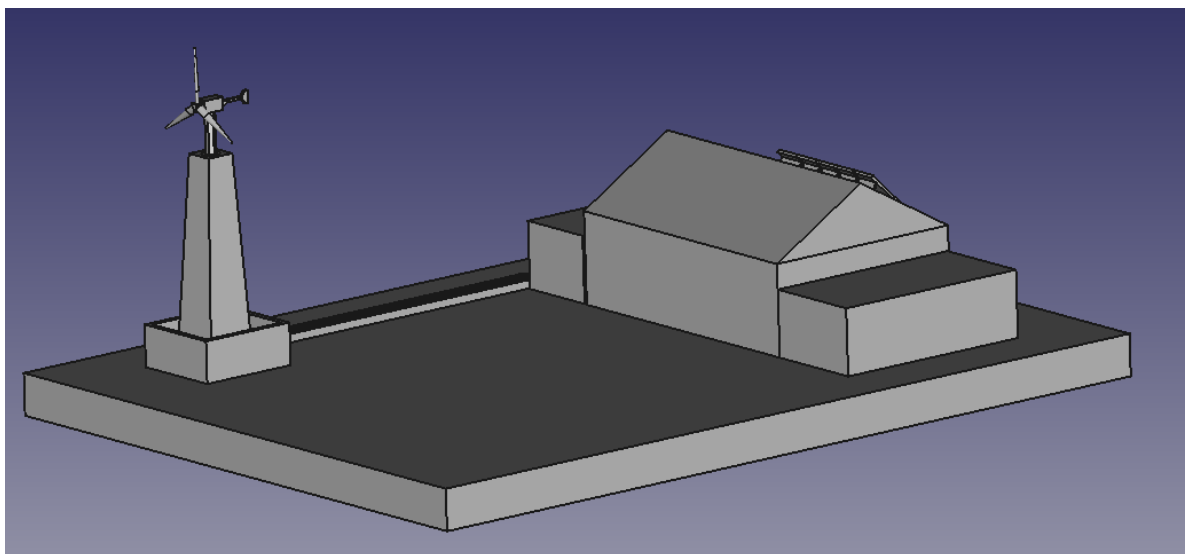
05/05/2018		Mayo	Primavera	30	8.22
06/05/2018		Mayo	Primavera	28	7.78
07/05/2018		Mayo	Primavera	38	10.67
08/05/2018		Mayo	Primavera	22	6.00
09/05/2018		Mayo	Primavera	15	4.22
10/05/2018		Mayo	Primavera	15	4.22
11/05/2018		Mayo	Primavera	22	6.00
12/05/2018		Mayo	Primavera	18	4.89
13/05/2018		Mayo	Primavera	24	6.67
14/05/2018		Mayo	Primavera	32	8.89
15/05/2018		Mayo	Primavera	22	6.22
16/05/2018		Mayo	Primavera	41	11.33
17/05/2018		Mayo	Primavera	42	11.56
18/05/2018		Mayo	Primavera	38	10.67
19/05/2018		Mayo	Primavera	29	8.00
20/05/2018		Mayo	Primavera	15	4.22
21/05/2018		Mayo	Primavera	26	7.11
22/05/2018		Mayo	Primavera	26	7.11
23/05/2018		Mayo	Primavera	24	6.67
24/05/2018		Mayo	Primavera	27	7.56
25/05/2018		Mayo	Primavera	20	5.56
26/05/2018		Mayo	Primavera	22	6.00
27/05/2018		Mayo	Primavera	34	9.33
28/05/2018		Mayo	Primavera	60	16.67
29/05/2018		Mayo	Primavera	30	8.22
30/05/2018		Mayo	Primavera	18	5.11
31/05/2018		Mayo	Primavera	30	8.44
01/06/2018		Mayo	Primavera	22	6.00
02/06/2018		Mayo	Primavera	27	7.56
03/06/2018		Mayo	Primavera	18	4.89
04/06/2018		Mayo	Primavera	26	7.33

6.2 Esquemas de la instalación:

Esquema de la vivienda en 3D:



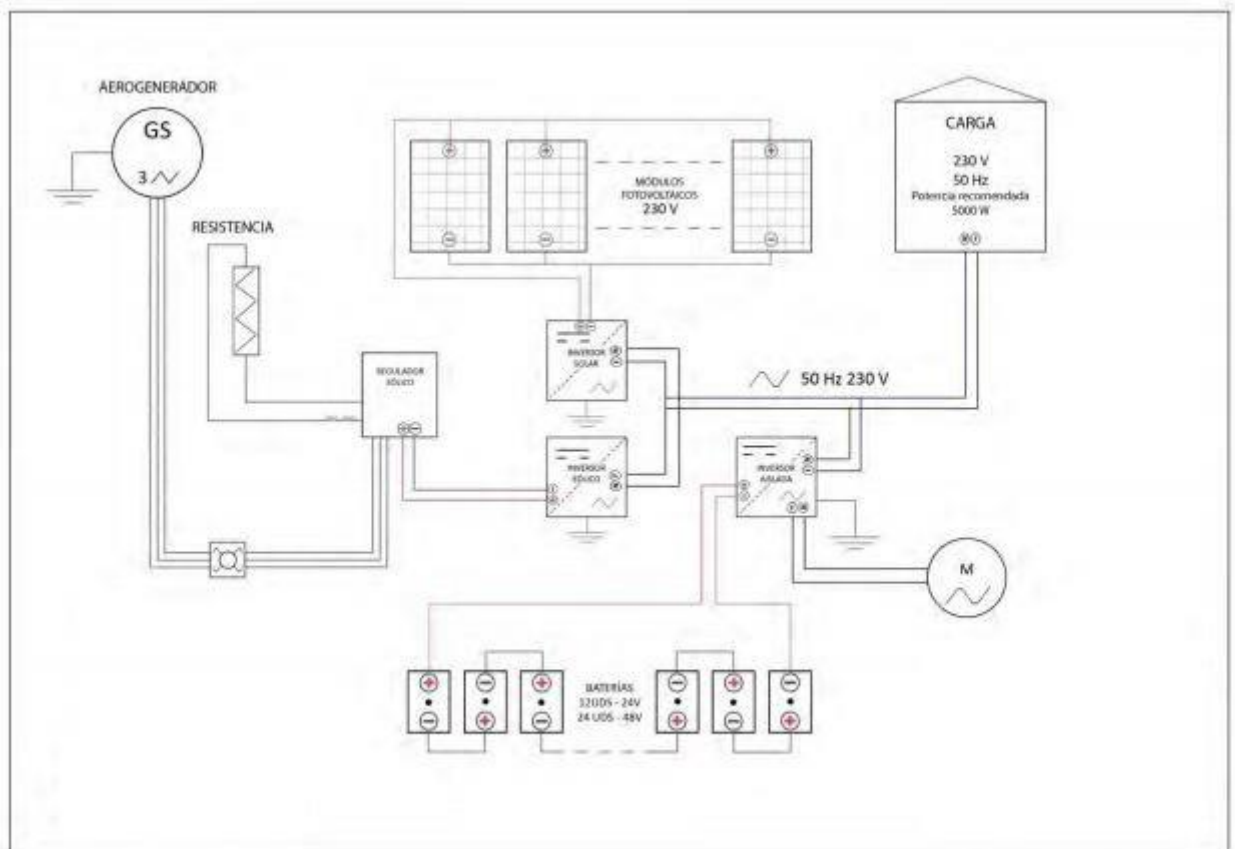
Representación en FreeCAD de la instalación (1)



Representación en FreeCAD de la instalación (2)

Representación de la vivienda y el diseño estético de la instalación, con los captadores orientados al sur. Se puede observar la caseta colindante a la casa donde se localizarán las baterías y demás aparatos de la instalación eléctrica.

Esquema eléctrico:



Esquema eléctrico híbrido Enair para E30Pro y solar fotovoltaica

6.3 Bibliografía.

1. IDAE
2. RITE
3. www.meteoblue.com Base de datos meteorológicos
4. www.meteoclimatic.net Base de datos eólicos
5. atlaseolico.idae.es/meteosim/ Atlas eólico
6. <http://www.globalwindmap.com>
7. Enair. www.enair.com
8. Etneo www.etneo.com
9. Límite de Betz: Curso de Física Ambiental UCLM
10. Límite de Shockley-Queisser: w
11. Energías renovables: APPA, asociación de empresas de energías renovables
12. Código Técnico de la edificación www.codigotecnico.org
13. Documento Básico de Ahorro de Energía HE4
14. *“Análisis del recurso. Atlas eólico de España. Estudio técnico PER 2011-2020”* Meteosim Truewind. IDAE
15. *“Consumo del sector residencial en España”* IDAE
16. *“Producto energético. Instalación de Energía Solar Térmica para viviendas unifamiliares”* IDAE
17. Martin O.L. Hansen *“Aerodynamics of wind turbines”* Segunda edición
18. *“Guía de la energía solar”* Fenercom , Madrid Solar 2006
19. *“Las energías renovables en la comunidad de Madrid”*, Cayetano Hernandez, www.madrid.org
20. *“Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red”* IDAE
21. *“Pliego de Condiciones Técnicas de instalación de Baja Temperatura”* IDAE
22. <http://www.mincotur.gob.es/energia/es-ES> Ministerio para la transición ecológica
23. CHEQ4
24. <https://autosolar.es/cesta> Tienda de instalaciones de autoconsumo
25. <https://wwindea.org/>
26. Danish wind industry association www.windpower.org
27. Agencia estatal de meteorología AEMET
28. Información sobre energías renovables: www.energias-renovables.com
29. Información sobre energía solar térmica: www.solar-energia.net