



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE AEROGENERADOR PARA UN ORFANATO

Autor: Cesáreo Martín-Sanz Manquillo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Septiembre de 2019



## **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. Cesáreo Martín-Sanz Manquillo

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: DISEÑO DE AEROGENERADOR PARA UN ORFANATO, 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) Reproducirla 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 pudieran 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, a 29 de agosto de 2019

**ACEPTA**



Fdo Cesáreo Martín-Sanz Manquillo

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

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título DISEÑO DE AEROGENERADOR PARA UN ORFANATO en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2018/19 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Cesáreo Martín-Sanz

Fecha: 28/08/2019

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 28/08/2019





# GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

## TRABAJO FIN DE GRADO DISEÑO DE AEROGENERADOR PARA UN ORFANATO

Autor: Cesáreo Martín-Sanz Manquillo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Septiembre de 2019





# DISEÑO DE AEROGENERADOR PARA UN ORFANATO

**Autor: Martín-Sanz Manquillo, Cesáreo.**

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

## RESUMEN DEL PROYECTO

Hoy en día, gran parte de la población mundial no dispone de bienes, que en muchos países se consideran de primera necesidad, como pueden ser el agua o la electricidad. Este es el caso de un orfanato en Molo, Kenia, llamado Chazon Children's Home, el cual sufre cortes de electricidad constantemente, y necesita urgentemente de una fuente de energía eléctrica alternativa.

Molo está localizado en Kenia, en pleno valle del Rift. Este pueblo posee una gran diversidad étnica. Debido a ello, en 1992, 1997 y otra vez en 2008 esta área sufrió varios conflictos de carácter étnico. Lo cual llevó a que mucha gente fuese asesinada y a que muchos niños se quedasen huérfanos. Actualmente estos conflictos han finalizado, pero los problemas derivados de éstos siguen vigentes.

Lucy y Samuel son una pareja, la cual poseía varios negocios exitosos en Molo. Cuando tenían su restaurante recibían muchos niños que les pedían comida, a los cuales les alimentaban sin poder hacer nada más. Un día decidieron vender las tierras y propiedades que tenían e invertir el dinero en la construcción de una escuela, Chazon Children's Centre, y para pagar a los maestros.

Cuando Lucy y Samuel abrieron la escuela no tenían la idea de abrir también un orfanato. La gran mayoría de las familias de Molo son muy numerosas y en general los niños tienen padres, tíos, abuelos... que les cuiden. Pero después de tener varios casos extremos de niños completamente abandonados por sus familias, la necesidad de abrir una casa para algunos de los niños de Chazon se convirtió en primordial para Lucy y Samuel. Y así es como en 2004 se fundó el orfanato Chazon Children's Home.

Actualmente, este orfanato necesita de una fuente de energía alternativa, ya que, hoy en día la electricidad es un bien fundamental para cualquier vivienda, y el acceso que posee este orfanato es muy limitado. Por ello, tras realizarse un estudio de las distintas fuentes de energías existentes, tanto renovables como no renovables, se decidió que la fuente de energía alternativa iba a ser la energía eólica. Este estudio de las diferentes fuentes de energía se ha llevado a cabo teniendo en cuenta, si es renovable o no, del tamaño de las infraestructuras, si emite algún tipo de sustancia contaminante y el clima y el terreno de la región en la que está situado el orfanato, ya que de ello dependen la mayor parte de las energías renovables.

Tras haber elegido la fuente de energía se ha realizado un cálculo del consumo energético del orfanato para determinar la cantidad de energía que se necesita producir. A continuación, se muestra el consumo diario del orfanato dependiendo del mes del año, al cual se le ha sumado un 20%, con el fin de tener en cuenta los picos de consumo.

MES	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO DIARIO + 20% (KWh)
ENERO	26,86	32,23
FEBRERO	26,86	32,23
MARZO	28,16	33,79
ABRIL	28,4	34,08
MAYO	30,88	36,1
JUNIO	32,48	38,97
JULIO	35,08	42,1
AGOSTO	33,78	40,54
SEPTIEMBRE	32,18	38,62
OCTUBRE	29,58	35,5
NOVIEMBRE	28,16	33,79
DICIEMBRE	26,86	32,23

A su vez, también se ha realizado un estudio más exhaustivo del viento en la zona para, junto con los datos del consumo, determinar las características del aerogenerador. Como conclusión de este estudio, se puede decir que el viento de la zona no es muy abundante, por lo que se requiere de un aerogenerador cuya velocidad de arranque sea muy baja y que tenga la máxima eficiencia posible. Debido a las difíciles características requeridas, finalmente se ha decidido buscar una turbina ya existente en vez de diseñar un prototipo.

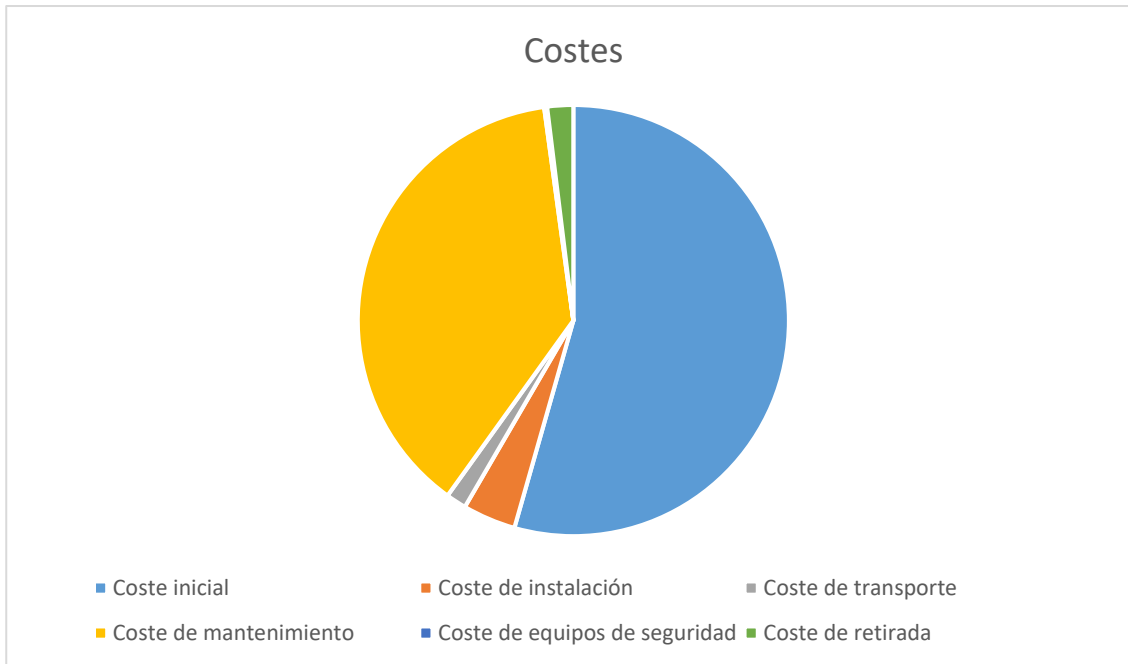
El aerogenerador que más encajaba con los requisitos obtenidos anteriormente era el aerogenerador ENAIR 200 con una potencia nominal de 20KW, el cual tiene una velocidad de arranque de 1,85 m/s, y conseguiría generar con el viento de la zona unos 33KWh al día. Esta energía no es suficiente para suplir todo el consumo del orfanato, pero sí para por lo menos el 80/90% de él.

Al generador anterior se le conectarán unas baterías para, en caso de que no haya viento y no genere electricidad, las baterías puedan hacerse cargo del consumo del orfanato. El tipo y número de baterías se han elegido con el objetivo de conseguir 4 días de autonomía. Estas baterías irán conectadas en paralelo al aerogenerador por medio de unos inversores.

Tras haber elegido todos los elementos de la instalación, se ha procedido a calcular el coste del ciclo de vida de toda la infraestructura. Para ello, se han tenido en cuenta numerosos factores. A continuación, se muestran en una tabla los diferentes costes del ciclo de vida.

TIPO DE COSTE	COSTE
Coste inicial	83.604,52€
Coste de instalación	6.116,00€
Coste de transporte	2.347,00€
Coste de mantenimiento	58.249,00€
Coste de equipos de seguridad	340,72€
Coste de retirada de los equipos	2.992,00€

El coste total de ciclo de vida es de 153.646,24€.



Como puede verse, tanto en la tabla como en la gráfica, los mayores costes se ven sujetos a la compra del equipo y de su mantenimiento, debido a que son componentes bastante caros, y a que la mano de obra en Kenia es muy barata, de ahí la gran diferencia.

Para concluir se han realizado una serie de planos de localización del orfanato, de posición de la instalación y del esquema unifilar del sistema eléctrico. Además, se detalla la instalación de todos los equipos y el plan de mantenimiento que debe de llevar cada uno de ellos.



## DESIGN OF AROGENERATOR FOR AN ORPHANAGE

**Author: Martín-Sanz Manquillo, Cesáreo.**

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Collaboring entity: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

### PROYECT SUMMARY

Nowadays, a large part of the world population does not have goods, which in many countries are considered as essential, such as water or electricity. This is the case of an orphanage in Molo, Kenya. The name of this orphanage is Chazon Children's Home, and it constantly suffers of power cuts, and urgently needs an alternative power source.

Molo is in Kenya, in the Rift Valley. This town has a great ethnic diversity. Because of this, in 1992, 1997 and again in 2008 this area suffered several ethnic conflicts. Which led to many people being killed and many children being orphaned. These conflicts are currently over, but the problems arising from them remain in force.

Lucy and Samuel are a couple, which owned several successful businesses in Molo. When they had their restaurant, they received many children who asked for food, which they fed without being able to do anything else. One day they decided to sell the land and property they had and invest the money in the construction of a school, Chazon Children's Center, and to pay the teachers.

When Lucy and Samuel opened the school, they didn't thought about opening an orphanage. The great majority of the families of Molo are very numerous and in general the children have parents, uncles, grandparents... that take care of them. But after having several extreme cases of children completely abandoned by their families, Lucy and Samuel felt the necessity of open a home for these children. And this is how the Chazon Children's Home orphanage was founded in 2004.

Currently, this orphanage needs an alternative energy source, because, now a days, electricity is essential for any home, and the access that this orphanage has is very limited. Therefore, after making a study of the different sources of existing energy, both renewable and non-renewable, it was decided that the alternative energy source would be wind energy. This study of the different energy sources has been carried out taking into account, if it is renewable or not, the size of the infrastructure, if it emits some kind of polluting substance and the climate and terrain of the region in which it is located the orphanage, since most of the renewable energies depend on it.

After choosing the energy source, a calculation of the orphanage's energy consumption has been made to determine the amount of energy that needs to be produced. Below, the daily consumption of the orphanage is shown depending on the month of the year, to which 20% has been added, in order to consider, the consumption peaks.

MONTH	DAILY CONSUPTION (KWh)	DAILY CONSUPTION + 20% (KWh)
JANUARY	26,86	32,23
FEBRUARY	26,86	32,23
MARCH	28,16	33,79
APRIL	28,4	34,08
MAY	30,88	36,1
JUNE	32,48	38,97
JULY	35,08	42,1
AUGUST	33,78	40,54
SEPTEMBER	32,18	38,62
OCTOBER	29,58	35,5
NOVEMVER	28,16	33,79
DICEMBER	26,86	32,23

In turn, a more thorough study of the wind in the area has also been carried out in order to, that agreed with the consumption data, determine the characteristics of the wind turbine. As a conclusion of this study, it can be said that the wind in the area is not very abundant, so it requires a wind turbine whose starting speed is very low and has the maximum possible efficiency. Due to the difficult characteristics required, it has finally been decided to look for an existing turbine instead of designing a prototype.

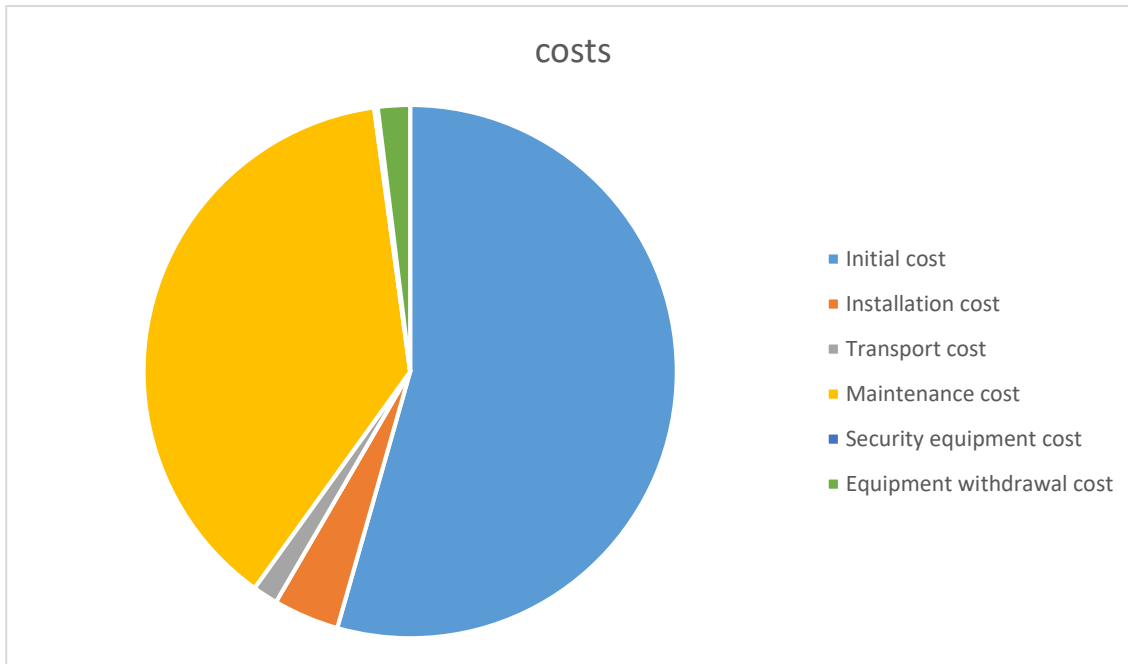
The wind turbine that best suited the requirements obtained above was the ENAIR 200 wind turbine with a nominal power of 20KW, which has a starting speed of 1.85 m/s and would generate about 33KWh per day with the wind of the area. This energy is not enough to supply all the consumption of the orphanage, but it stops at least 80/90% of it.

Batteries will be connected to the previous generator so that, in case there is no wind and no electricity is generated, the batteries can take over the consumption of the orphanage. The type and number of batteries have been chosen in order to achieve 4 days of autonomy. These batteries will be connected in parallel to the wind turbine through some inverters.

After choosing all the elements of the installation, the life cycle cost of the entire infrastructure has been calculated. For this, numerous factors have been taken into account. The different life cycle costs are shown in a table below.

COST TYPE	COST
Initial cost	83.604,52€
Installation cost	6.116,00€
Transport cost	2.347,00€
Maintenance cost	58.249,00€
Security equipment cost	340,72€
Equipment withdrawal cost	2.992,00€

The total life cycle cost is € 153,646.24.



As can be seen, both in the table and in the graph, the higher costs are subject to the purchase of the equipment and its maintenance, because they are quite expensive components, since labour in Kenya is very cheap, as a result the big difference between them.

To conclude, a series of plans for the location of the orphanage, the installation position and the single-line scheme of the electrical system have been made. In addition, the installation of all the equipment and the maintenance plan that each of them must carry is detailed.





# ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>20</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	20
1.2 Solución del problema.....	22
1.3 Localización del proyecto .....	24
1.4 Objetivo del proyecto.....	25
1.5 Alcance del proyecto .....	26
<b>2 MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	<b>28</b>
2.1 Introducción .....	28
2.2 Antecedentes. Fuentes de energía no renovables.....	29
2.2.1 Combustibles fósiles .....	29
2.2.2 Energía nuclear .....	31
2.3 Solución. Fuentes de energía renovables .....	34
2.3.1 Energía solar .....	34
2.3.2 Energía eólica .....	36
2.3.3 Energía hidráulica .....	37
2.3.4 Energía mareomotriz.....	38
2.3.5 Biomasa .....	39
2.3.6 Energía geotérmica.....	40
2.4 El orfanato de Chazon .....	41
2.4.1 Emplazamiento.....	41
2.4.2 Climatología.....	41
2.4.3 Situación de la producción de energía actual .....	45
2.5 Conclusión .....	47
2.6 Sistemas eólicos .....	48
2.6.1 Introducción .....	48
2.6.2 Aerogeneradores.....	52
<b>3. MEMORIA CONSTRUCTIVA</b> .....	<b>62</b>
3.1 Consumo del orfanato.....	62
3.2 Elección del aerogenerador .....	72
3.3 Aerogenerador ENAIR 200 .....	73
3.4 Baterías.....	75
3.5 Inversor.....	76

3.6 Transporte .....	77
<b>4. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>78</b>
4.1 Coste inicial .....	79
4.2 Coste de instalación .....	80
4.3 Coste de transporte.....	81
4.4 Coste de mantenimiento.....	82
4.5 Coste de equipos de seguridad .....	83
4.6 Coste de la retirada de los equipos .....	84
4.7 Coste total del ciclo de vida .....	85
<b>5. PLANOS.....</b>	<b>86</b>
5.1 Índice de planos .....	86
<b>6. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>98</b>
6.1 Objetivo del pliego de condiciones .....	98
6.2 Requisitos legales generales .....	99
6.3 Especificaciones de los componentes.....	100
6.3.1 El aerogenerador .....	100
6.3.2 Los inversores .....	100
6.3.3 Las baterías.....	101
6.4 Instalación de los equipos .....	102
6.4.1 Instalación del aerogenerador .....	102
6.4.2 Instalación de las baterías .....	104
6.4.3 Instalación de los inversores .....	105
6.5 Plan de mantenimiento.....	106
6.5.1 Mantenimiento del aerogenerador .....	106
6.5.2 Mantenimiento de las baterías .....	107
6.5.3 Mantenimiento de los inversores .....	107
6.6 Seguridad básica de la instalación .....	108
6.7 Garantías .....	111
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>112</b>
7.1 Anexo 1. Aerogenerador ENAIR 200 .....	112
7.2 Anexo 2. Batería estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600.....	113
7.3 Anexo 3. Inversor Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V .....	115
7.4 Anexo 4. Mantenimiento del Aerogenerador ENAIR 200.....	116

<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>124</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES .....</b>	<b>128</b>

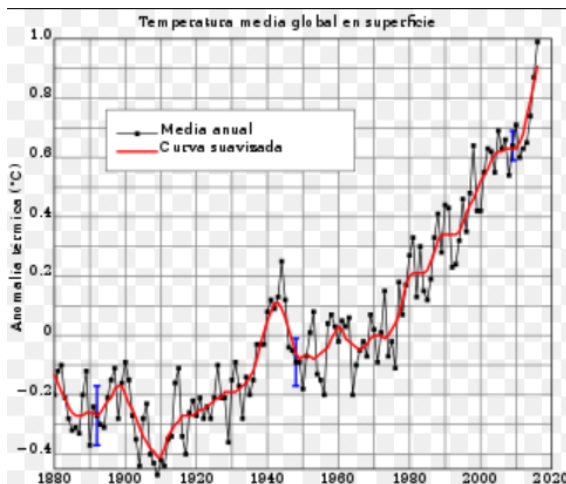


# 1. INTRODUCCIÓN

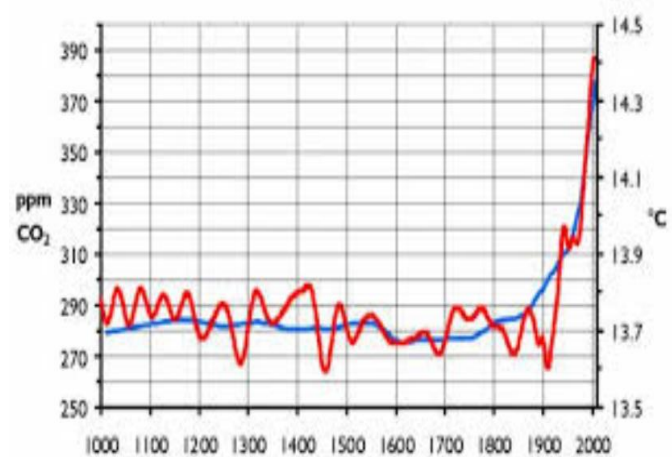
## 1.1 Planteamiento del problema

La tierra es un sistema muy complejo, formado por miles de mecanismos que la mantienen tal y como la conocemos hoy en día. Sin embargo, cambiar un simple factor en uno de estos mecanismos puede acarrear consecuencias devastadoras para la vida en el planeta, ya que está es muy delicada y solo es capaz de desarrollarse bajo unas condiciones muy concretas.

Hasta hace poco menos de un siglo, estos mecanismos estaban en perfecto equilibrio, creando las condiciones ideales para el desarrollo de la vida. No obstante, a partir de la era industrial y de que se empezasen a quemar combustibles fósiles con el objetivo de obtener energía, la temperatura media del planeta ha subido aproximadamente un grado centígrado, que, aunque no parece gran cosa, en la última época de glaciación, la temperatura media de la tierra era aproximadamente de 5 grados menos que ahora, lo cual ayuda a entender la gravedad de la situación. Este aumento de la temperatura global es debido a algunos gases que se producen al quemar combustible, como por ejemplo el  $\text{CO}_2$ , el cual sube a la atmósfera y produce el famoso efecto invernadero.



Img.1. Temperatura de la tierra en el último siglo.



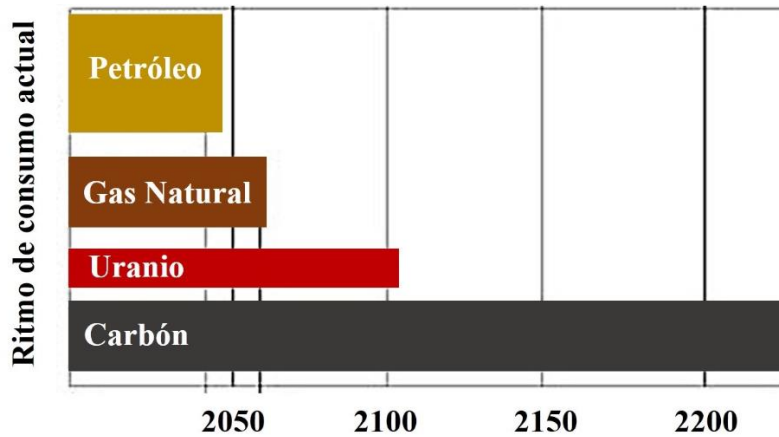
Img.2. Cantidad de  $\text{CO}_2$  En la atmósfera último milenio.

El efecto invernadero en sí, no es algo malo, es necesario, ya que, sin él, la temperatura en la tierra sería mucho menos estable y con mucha más diferencia de temperatura entre el día y la noche. Aun así, demasiado efecto invernadero, lo que produce es el calentamiento excesivo del planeta.

La quema de combustibles fósiles, aparte de generar estos gases de efecto invernadero, también genera muchos más tipos de gases como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), los cuales son tóxicos para la mayoría de las especies y a demás producen la llamada lluvia ácida, que contamina los ríos y océanos.

Otro inconveniente que tienen los combustibles fósiles es que no son infinitos, sino que llegará un momento en el que se acabarán. Estos combustibles hoy en día son el motor de la economía

mundial, ya que de ellos depende aproximadamente el 80% de la generación de energía eléctrica del planeta.



Img.3. Año aproximado en el que se acabarán las fuentes de energía no renovables.

Nuestro objetivo como especie, es llegar a desarrollar e implantar tecnologías que nos permitan obtener energía de forma limpia y renovable, es decir, de una fuente que no se agote, y que sean capaces de sustituir las ya existentes al 100% antes de que los combustibles fósiles se acaben, generando un desastre económico mundial, y más importante, antes de que el daño que produce la quema de estos en la atmósfera sea irreversible.

## 1.2 Solución del problema

Como se ha comentado antes, el problema está en los gases que se desprenden al quemar combustibles fósiles, y en que estos son finitos, por lo que en un futuro no muy lejano se agotaran. Por lo que el problema principal reside en la fuente de energía. La solución estaría en encontrar nuevas fuentes de energía limpias e inagotables.

Hoy en día ya se ha encontrado esa fuente de energía tan perfecta y necesaria, el sol. La cantidad de energía que llega a la tierra producida por el sol es aproximadamente de  $5,4 \times 10^{24} \text{J}$ , lo que equivale a 4500 veces la energía que se consume en nuestro planeta en el mismo periodo de tiempo. Obviamente, esta energía es totalmente limpia, no tiene ningún tipo de desechos y además no se acabará hasta que no se apague nuestra estrella, que, en términos de una vida humana es prácticamente infinito.

El problema de esta energía es que nos llega en forma de radiación, la cual no podemos aprovechar directamente para generar energía eléctrica, a cuál es la que nosotros usamos. Existen varias formas de transformar la energía que proviene del sol en energía eléctrica:

- Energía solar: Esta forma de captar la energía es la más directa que se haya inventado hasta ahora, ya que aprovecha directamente los rayos del sol. De esta tecnología existen dos variantes, la energía fotovoltaica que utiliza paneles fotovoltaicos para transformar la energía y la energía termoeléctrica, que aprovecha el calor que produce la radiación para producir electricidad de forma indirecta.
- Energía eólica: El viento es un fenómeno producido directamente por la energía solar, el cual consiste en el movimiento de las partículas de aire. Las turbinas eólicas captan la energía cinética de estas partículas de aire para transformarla en energía mecánica de rotación y posteriormente en electricidad.
- Energía hidroeléctrica: El sol al calentar el agua de los océanos hace que ésta se evapore y ascienda ganando energía potencial y formando las nubes. Las nubes provocan la lluvia, que al caer sobre tierra hace que se formen los ríos y de ahí es de donde se puede aprovechar esa energía potencial. Construyendo embalses en los ríos, esta energía potencial es transformada en energía eléctrica mediante unas turbinas.

Otra fuente energía inagotable es la energía de las mareas del mar. La cual también se ha desarrollado tecnología para que pueda ser aprovechada, la energía mareomotriz. Esta tecnología se basa en el mismo principio que la energía hidroeléctrica, captando la energía potencial que adquieren las partículas del agua al subir la marea.

Todas estas tecnologías ya están en desarrollo, sin embargo, apenas general el 20% de la energía eléctrica consumida en el planeta. Esto es debido a que no son 100% fiables, ya que energías como la eólica y la solar tienen una fuerte dependencia de factores climatológicos, los cuales son muy difíciles de predecir. A su vez, el rendimiento de todas estas energías es bastante bajo, es necesario seguir investigando y desarrollándolas para que sean capaces de captar más energía.

En resumen, para poder depender de energía limpia e inagotable es necesario encontrar otra fuente de energía diferente a las ya explicadas o mejorar, desarrollar e implantar las tecnologías expuestas anteriormente.



### 1.3 Localización del proyecto

Como se explicado anterior mente una de las claves para sustituir los combustibles fósiles es la de implantar energías renovables, y que mejor sitio por dónde empezar que por aquellos lugares donde más se necesita. Este proyecto va a diseñarse para un orfanato llamado Chazon Childen´s Home situado en el pueblo de Molo, Kenia.

Molo está localizado en Kenia, en pleno valle del Rift. Este pueblo posee una gran diversidad étnica. Debido a ello, en 1992, 1997 y otra vez en 2008 esta área sufrió varios conflictos de carácter étnico. Lo cual conllevó a que mucha gente fuese asesinada y a que muchos niños se quedasen huérfanos. Actualmente estos conflictos han finalizado, pero los problemas derivados de éstos siguen vigentes.

Lucy y Samuel son una pareja, la cual poseía varios negocios exitosos en Molo. Cuando tenían su restaurante recibían muchos niños que les pedían comida, a los cuales les alimentaban sin poder hacer nada más. Un día decidieron vender las tierras y propiedades que tenían e invertir el dinero en la construcción de una escuela, Chazon Childen´s Center, y para pagar a los maestros.



Img.4. Logo del orfanato de Chazon.

Cuando Lucy y Samuel abrieron la escuela no tenían la idea de abrir también un orfanato. La gran mayoría de las familias de Molo son muy numerosa y en general los niños tienen padres, tíos, abuelos... que les cuiden. Pero después de tener varios casos extremos de niños completamente abandonados por sus familias, la necesidad de abrir una casa para algunos de los niños de Chazon se convirtió en primordial para Lucy y Samuel.

Chazon Children´s Home abrió sus puertas en enero de 2014 con 12 niños. Ese día la casa no tenía ni agua corriente ni electricidad. Actualmente se encuentran 22 niños viviendo en la casa, que ya cuenta con agua corriente y electricidad.

A pesar de que hoy en día cuentan con electricidad, ésta, la consiguen de la corriente eléctrica general del pueblo de Molo, la cual es muy cara para lo que pueden permitirse y a demás no es de forma continua, ya que sufren cortes de suministro a diario. Esto dificulta en gran medida la labor de los organizadores, profesores y voluntarios a la hora de impartir clases o ayudar a los niños que viven y estudian allí.

Como ya se ha dicho, Molo es un pueblo situado en Kenia, el cual es un país situado en la zona este del continente africano. Kenia tiene fronteras con Somalia, Etiopia y Sudán del Sur al norte, al oeste con Uganda y al sur con Tanzania. Su capital es la ciudad de Nairobi, la cual cuenta con una población de 3,9 millones de personas, censadas en 2015.



Img.5. Situación de Kenia.

## 1.4 Objetivo del proyecto

Los dos objetivos principales de este proyecto son la fomentación del uso de energías renovables en países en vías de desarrollo, como lo es Kenia, y mejorar la situación en la que están los niños del orfanato de Chazon, proporcionándoles una fuente de energía eléctrica alternativa para reducir costes.

Para ello, se pretende diseñar un pequeño aerogenerador que cubra toda la demanda de electricidad que sea posible.

## 1.5 Alcance del proyecto

Para poder cumplir con los objetivos expuestos anteriormente este proyecto debe tener un alcance en el que se realicen todos los estudios de viabilidad y rentabilidad necesarios. Así como los cálculos y el diseño de la instalación del aerogenerador en el orfanato de Chazon. De tal forma que el alcance del proyecto debe abarcar, más concretamente, los siguientes puntos:

- Estudio de las posibles fuentes de energía renovable ya existentes.
- Justificación de la fuente energía escogida para ser implantada.
- Estudio de la tecnología escogida.
- Legalidad del proyecto.
- Consecuencias en el entorno en el que se desea implantar, tanto para el medio ambiente como para las personas que habitan allí.
- Cálculos necesarios para la construcción de la estructura y para la cantidad de energía eléctrica que se puede llegar a aportar.
- Estudio del consumo de energía del orfanato.
- Diseño de planos para la construcción.
- Presupuesto necesario para su construcción.

Todas las cuestiones que no se nombren en los anteriores puntos, no serán parte del proyecto, por lo que no se hará ningún estudio en profundidad de dichas cuestiones.



## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

---

### 2.1 Introducción

Llevando a cabo este proyecto lo que se busca es reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, así como otros gases tóxicos para los seres vivos provenientes de la quema de combustibles fósiles. A demás se pretende la aportación de energía eléctrica al orfanato de Chazon. Como se ha dicho en la introducción, se buscará entre las fuentes de energía renovables, la mejor opción, ya que estas no emiten ningún residuo, absorben la energía directa o indirectamente del sol, el cual es una fuente de energía infinita, y a largo plazo acaban siendo más económicas, ya que no requieren de un suministro constante de combustible.

A continuación, se observarán los antecedentes, es decir, las antiguas fuentes de energía que son las no renovables y se estudiarán los diferentes tipos de energía renovables para determinar cuál es la mejor opción.

## 2.2 Antecedentes. Fuentes de energía no renovables

Hoy en día, las fuentes de energía más usadas por el hombre son las fuentes de energía no renovables debido a que, con la tecnología actual, son las más fiables y más constantes que se conocen hasta ahora. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles de manera descontrolada durante los últimos cien años ha producido un aumento de gases de efecto invernadero y nocivos para la salud en la atmósfera.

Pero, antes de nada, ¿Qué son las fuentes de energía no renovables? Son aquellas que tarde o temprano acabarán agotándose, ya que la velocidad a la que se consumen es muchísimo mayor a la velocidad a la que consiguen regenerarse. Por ejemplo, un yacimiento de petróleo ha necesitado para formarse unos cuantos millones de años, sin embargo, este mismo yacimiento puede ser consumido en unas décadas. Así que para la velocidad a la que se consumen los combustibles fósiles, es como si no se regenerasen nunca.

Hay varias fuentes de energía no renovables:

- Los combustibles fósiles, como el carbón, el gas natural y el petróleo.
- La energía nuclear. La cual puede ser por fisión o por fusión nuclear.

### 2.2.1 Combustibles fósiles

Estos combustibles están constituidos por sustancias provenientes de la acumulación de grandes cantidades de restos orgánicos de seres vivos, que hace millones de años murieron y se depositaron en el suelo. Estos restos se fueron cubriendo de capas de sedimentos que hacen que estén expuestos a unas determinadas presiones y temperaturas, y como consecuencia se fueron produciendo cambios bioquímicos y geológicos. El origen de estas sustancias se estima que fue hace unos 300 millones de años.

Tras haberse formado tales sustancias como petróleo, gas natural y carbón, y haber sido extraídas del interior de la tierra, éstas deben ser tratadas para conseguir combustibles que se puedan aprovechar. Algunos ejemplos de estos combustibles son:

- Gasolina
- Gas
- Hulla
- Turba
- Antracita
  
- **PETRÓLEO**

El petróleo no solo se usa como combustible, sino para muchísimas cosas más, como la fabricación de plásticos, explosivos, medicamentos, abonos, colorantes, etc. Sin embargo, también es uno de los que más daño hace al medio ambiente. Éste se formó a base de la descomposición de seres vivos microscópicos, que se sedimentaron en los fondos de océanos, lagos y ríos.

Se trata de una sustancia compuesta por hidrocarburos, es decir, moléculas formadas únicamente por hidrógeno y carbono. Es un líquido de color negro, de una densidad menor que la del agua, de aspecto oleoso y un olor muy fuerte.

A su vez, al refinar el petróleo se obtiene una mezcla de propano y butano al cual se le llama gas licuado del petróleo, el cual también tiene muchos usos.



*Img.6. Petróleo.*



*Img.7. Máquinas para la extracción de petróleo.*

## - **CARBÓN**

El carbón procede de la fosilización de restos vegetales de hace varios millones de años. Consiste en una sustancia ligera de color negra. Únicamente se usa como combustible con el objetivo de generar calor, ya sea en calefacciones domésticas, centrales térmicas o fábricas. Al quemar el carbón se produce una gran cantidad de contaminación y de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>.

Existen varios tipos de carbón. Dependiendo de los cambios de presión y de temperatura a los que fue sometido durante su formación se forma un tipo u otro. Los principales son: Turba, lignito, hulla y antracita.



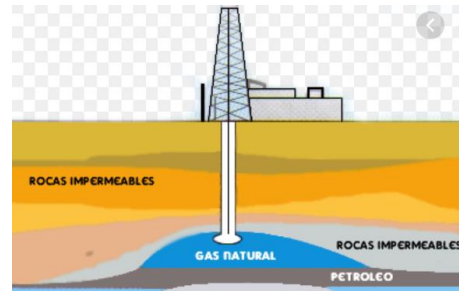
*Img.8. Carbón.*



*Img.9. Mina de carbón a cielo abierto.*

## - GAS NATURAL

El origen del gas natural es prácticamente el mismo que el del petróleo y suele encontrarse formando cámaras de gas sobre los yacimientos de petróleo. Este combustible fósil está compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ), el cual es inodoro, y al ser tóxico, es muy peligroso, por ello cuando se extrae se le añaden componentes para que pueda ser olido por las personas.



Img.10. Extracción de gas natural y petróleo.

Su extracción se realiza mediante perforaciones y tuberías, y posteriormente es transportado a través de gaseoductos a los lugares de tratamiento. Sus usos son muy similares a los de carbón, pero tiene ciertas ventajas sobre este, ya que posee mayor poder calorífico, es más fácil de transportar y es menos dañino para el medio ambiente.

Los combustibles fósiles tienen, como todo, ventajas y desventajas, las cuales se muestran a continuación.

### - **Ventajas**

- En los casos en los que se dan en terreno abierto, su extracción resulta muy sencilla.
- El almacenamiento y el transporte también son bastante fáciles.
- Si se comparan con otras energías, actualmente, son más económicas.
- Poseen un gran poder energético.

### - **Desventajas**

- Su proceso de producción es infinitamente lento, por lo que las reservas del planeta son finitas.
- Sus reservas no están repartidas de manera homogénea por el planeta, y al ser un bien limitado, muchos países han tenido conflictos por culpa de estos combustibles.
- Así como su formación es muy lenta, su descomposición también lo es y en caso de fuga o de vertido, son altamente contaminantes.
- Su uso supone la emisión de gases tóxicos y de efecto invernadero, y también de residuos tóxicos, que no solo contaminan la atmósfera, sino que también contaminan tanto la tierra como el agua.
- Pese a que actualmente son más económicas que otras fuentes de energía, a medida que se agoten las reservas y sea más complicada su extracción su precio empezará a subir y dejarán de ser rentables, económicamente hablando.

## 2.2.2 Energía nuclear

La energía nuclear es la energía que contiene un átomo. Los átomos están formados por electrones y protones que se mantienen unidos gracias a esta energía nuclear. Esta energía se puede usar para producir electricidad, pero antes debe ser liberada, lo cual se puede hacer mediante la fusión o la fisión nucleares. Ambas reacciones nucleares tienen en común que cuando se realizan, el



resultado de la reacción está constituido por una cantidad menor de masa, y la masa que falta se ha convertido en energía calorífica y de radiación según la ecuación de Einstein:  $E=mc^2$ .



Img.11. Central nuclear de Trillo.

Esta energía desprendida de los átomos se utiliza para generar vapor de agua, que al pasar por una turbina y absorber la energía cinética de las partículas de vapor de agua se transforma energía eléctrica.

La energía nuclear no solo se puede usar para obtener energía eléctrica, sino que tiene más aplicaciones como en el campo de la medicina y en aplicaciones medioambientales.

### - **FISIÓN NUCLEAR**

Esta reacción consiste en bombardear átomos pesados con neutrones, que son partículas que forman parte de un átomo pero que no tienen carga, de tal forma que cuando un núcleo de uno de estos átomos pesados captura un neutrón, éste se divide en dos o más núcleos de átomos más ligeros. Durante este proceso también se emiten más neutrones, rayos gamma y una gran cantidad de energía.

Los neutrones que se desprenden de esta reacción pueden ser capturados por otros átomos que a su vez desprenderán más neutrones y así sucesivamente creando el efecto de reacción en cadena. Para que se produzca esta reacción en cadena se requieren ciertas condiciones geométricas del material, así como una cierta cantidad del mismo, comúnmente llamada masa crítica. Los combustibles más usados para la energía nuclear de fisión son el uranio-235, el uranio-233 y el plutonio-239.

Esta forma de obtener energía tiene ciertas ventajas y desventajas, las cuales son:

#### - **Ventajas**

- Con la misma cantidad de combustible que cualquier combustible fósil se obtiene muchísima más energía.
- Mediante la reacción nuclear no se producen gases de efecto invernadero como el  $CO_2$  o el  $N_2O$ . Lo único que se expulsa a la atmósfera es vapor de agua.
- La dependencia de muchos países del petróleo se reduce.

#### - **Desventajas**

- A pesar de no usar combustibles fósiles para la generación directa de energía, si que se usan para los transportes, por lo que no es completamente limpia.
- Algo muy criticado son los desechos nucleares, que son altamente radiactivos.
- Posibilidad de accidentes nucleares como los de Chernóbil y Fukushima. Ya que por muchos sistemas de seguridad que existan, siempre está presente el posible error humano.

- Otro problema de la energía nuclear de fisión es que además de su uso para producir energía eléctrica, también se puede usar para fines bélicos por medio de la fabricación de bombas nucleares.
- Aunque la dependencia del petróleo menguase, crecería la dependencia del uranio.
- Para acabar, las centrales nucleares suponen una gran inversión y muchos países no se lo pueden permitir.

## - **FUSIÓN NUCLEAR**

La fusión nuclear consiste en la unión de dos átomos ligeros para la formación de uno más pesado. Esta reacción nuclear es la misma que se produce en el sol y libera mucha más energía que en la fisión nuclear. La sustancia con la que es más fácil que se lleve a cabo la reacción es el hidrógeno y algunos de sus isótopos, como el deuterio o el tritio, dando lugar al helio.

El gran problema de la fusión nuclear es que para que tenga lugar la reacción es necesario que los átomos a fusionar alcancen una gran cantidad de energía, con el objetivo de que los núcleos de los átomos se encuentren muy cerca y la fuerza de atracción nuclear sea mayor que la fuerza electrostática de repulsión. Para alcanzar esta energía, se puede usar un acelerador de partículas, como el LHC de Ginebra, o se pueden calentar los átomos a una temperatura de alrededor de 100 millones de grados centígrados.

Como, por el momento, solo se han desarrollado esas dos tecnologías para llevar a cabo la fusión nuclear, y está claro que ninguna de las dos es económica ni energéticamente eficiente, no existe ninguna central nuclear de fusión para producir energía para el consumo.

Sin embargo, si se consiguiese una forma de llevar a cabo esta reacción de forma más eficiente, ésta sería la energía del futuro, ya que no produce desechos radiactivos, el hidrógeno es una sustancia muy abundante en la tierra y las cantidades de energía conseguidas son muy superiores a las conseguidas mediante la fisión nuclear.

## 2.3 Solución. Fuentes de energía renovables.

Las fuentes de energía renovables son todas aquellas que son virtualmente inagotables, limpias y cuyo impacto en el ecosistema es casi nulo y reversible. La mayoría de estas energías renovables se obtienen de ciclos prácticamente constantes de la naturaleza, por lo que no generan ningún residuo, y como ya se ha dicho anteriormente, la mayoría de estos ciclos son producidos por el efecto de la energía que llega a la tierra proveniente del sol.

El problema de estas fuentes de energía es que, al depender de ciclos de la naturaleza, son muy poco constantes e impredecibles, por ello, actualmente, el porcentaje de energía eléctrica consumida proveniente de fuentes renovable no es muy alto.

Existen numerosas formas de obtener energía de fuentes renovables, de las cuales, las principales y más usadas se muestran a continuación.

### 2.3.1 Energía solar

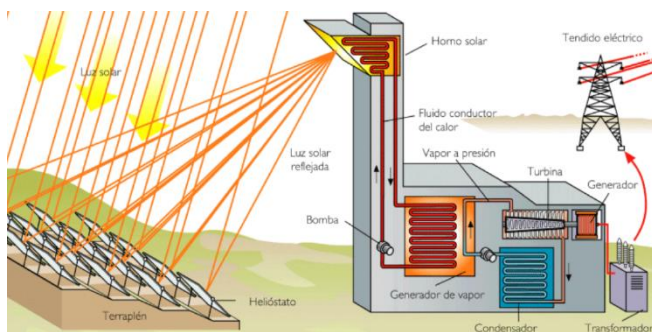
La energía solar, como su nombre indica, consiste en aprovechar la energía que proviene del sol, la cual, al ser tan abundante, se considera que no se va a acabar nunca, ya que se calcula que el sol lleva emitiendo radiación solar unos 5 mil millones de años y aún no ha llegado al 50% de su vida. Esta energía solar, además de ser inagotable, es muy abundante, ya que la energía que llega a la tierra en forma de radiación solar al día es aproximadamente 10 mil veces superior a la que consume todo el planeta en ese mismo periodo de tiempo.

La energía solar que llega a la tierra llega en forma de radiación solar, la cual se necesita transformar en energía eléctrica o térmica para poder ser aprovechada. Existen varias formas de captar la radiación solar:

- A través de captadores solares térmicos con los que se genera energía solar térmica. Estos captadores o colectores solares captan la radiación del sol y la aprovechan para calentar un depósito de agua, haciendo que la energía interna del fluido aumente, de tal forma que una vez el agua es calentada, sea fácil de transportar allá donde se necesite.



Img.12. Colector térmico para uso particular.



Img.13. Colectores térmicos para generación de electricidad.

- Por medio de módulos fotovoltaicos, en los que se genera energía solar fotovoltaica. Las placas fotovoltaicas aprovechan el efecto fotoeléctrico para generar una corriente eléctrica mediante la radiación solar. Esta corriente generada en los paneles solares fotovoltaicos es de corriente continua, por lo que es necesario el uso de un rectificador para transformarla en alterna y poder ser utilizada o vendida.



Img.14. Módulos fotovoltaicos.

- También se puede aprovechar esta energía directamente, sin ningún elemento, lo que se denomina energía solar pasiva. Este es el método más antiguo que se conoce para aprovechar la energía solar. Consiste en aprovechar la radiación solar mediante el adecuado diseño, ubicación y orientación de los edificios, así como de los materiales, elementos arquitectónicos, etc.
- **Ventajas de la energía solar.**
  - o Proviene del sol, que aun que en algún momento desaparecerá, en términos de una vida humana es una fuente energía infinita.
  - o Es una energía limpia que no genera gases de efecto invernadero ni contamina el medio ambiente.
  - o Su transformación en energía eléctrica o térmica tampoco genera contaminación sonora, ya que es silenciosa.
  - o Posibilidad de instalar prestamente en cualquier lugar, incluso a lugares donde es difícil el acceso a la corriente eléctrica.
  - o Su instalación y mantenimiento son relativamente baratas si la comparamos, por ejemplo, con una central nuclear.
- **Desventajas de la energía solar.**
  - o Baja eficiencia. La energía que se consigue generar con captador fotovoltaico es mucho menos que la energía que le llega de los rayos solares.
  - o La producción depende de la climatología y no de la demanda, por lo que si se genera más de la que se gasta la diferencia se pierde, y si se genera menos se producirían apagones.
  - o También hay que tener en cuenta la latitud a la que se quiere instalar, ya que el ángulo de incisión y la cantidad de atmósfera que tengan que atravesar los rayos de sol antes de llegar a los captadores supone pérdidas de energía.
  - o Su uso también genera desperdicios indirectos, puesto que la fabricación de placas fotovoltaicas genera desechos tóxicos.
  - o A su vez, las plantas solares requieren de una gran superficie para su instalación por lo que significan un gran impacto visual en el ecosistema.

### 2.3.2 Energía eólica

La energía eólica aprovecha la fuerza del viento, mediante aerogeneradores o molinos de viento, para generar electricidad. El viento son partículas de aire en movimiento, las cuales al tener movimiento poseen energía cinética. Los aerogeneradores captan esta energía cinética de las partículas de aire y la transforman primero en energía mecánica de rotación y después, mediante un generador la transforman en energía eléctrica.

Es una energía renovable, ya que aprovecha la energía del viento, la cual proviene del sol, que como ya se ha dicho antes es una fuente de energía virtualmente infinita. Hoy en día constituye la energía más desarrollada y eficiente de las energías renovables. Además, algunos campos eólicos ya producen energía eléctrica más barata que muchas centrales de carbón o nucleares.

España es el quinto productor de energía eólica del mundo por detrás de países como Estados Unidos o China, los cuales su extensa superficie les proporciona una gran ventaja en valores absolutos frente a otros países. Esto conlleva que la energía eólica ya genera electricidad para el 18% de las necesidades del país.



*Img.15. Parque eólico.*

#### - **Ventajas de la energía eólica.**

- Como ya se ha comentado en el anteriormente, el viento es generado por la energía proveniente del sol, la cual es una energía inagotable.
- No emite ninguna sustancia contaminante ni ningún gas de efecto invernadero.
- En relación con el espacio ocupado, es más eficiente que la energía solar. Además, este espacio puede ser restaurado después de retirarse la instalación eólica.
- En términos económicos, los aerogeneradores son relativamente baratos al igual que su mantenimiento.
- Es compatible con otras actividades como la agrícola o ganadera, por lo que no produce ningún efecto negativo en la economía local.

#### - **Desventajas de la energía eólica.**

- El viento es impredecible, por lo que la producción no es constante ni puede regularse del mismo modo que las energías no renovables.
- Esta energía no se puede almacenar, sino que se tiene que consumir en el mismo momento en el que genera. Por lo que la energía que no se consume se pierde.
- Tienen un gran impacto visual, ya que los aerogeneradores por general miden entre 50 y 80 metros de alto.
- También generan bastante ruido debido a las vibraciones de las palas.
- Por último, afectan a las aves de la zona, las cuales pueden chocar contra las palas.



### 2.3.3 Energía hidráulica

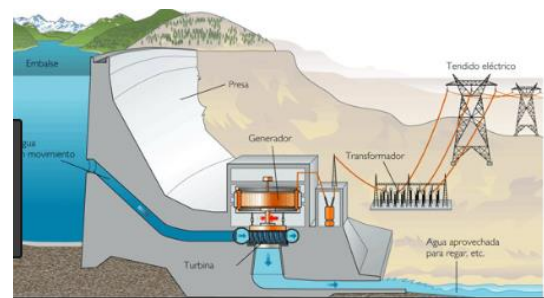
La energía hidráulica es la que se obtiene a partir de la energía cinética o potencial de los ríos o saltos de agua. Esta energía está considerada renovable, segura y limpia, ya que no gasta el agua que utiliza ni genera ningún desecho.

La energía cinética o potencial del agua es captada por medio de las centrales hidroeléctricas, las cuales son instaladas en los cauces de los ríos o en algunas caídas de agua. Estas centrales aprovechan la energía del fluido para generar energía eléctrica, dejando caer el agua sobre una turbina hidráulica.

El problema de las centrales hidroeléctricas es que pueden tener un gran impacto medio ambiental, como por ejemplo con las represas, ya que pueden cambiar el cauce natural de un río e inundar terrenos que inicialmente estaban secos.



Img.16. Central hidroeléctrica.



Img.17. Esquema de una central hidroeléctrica.

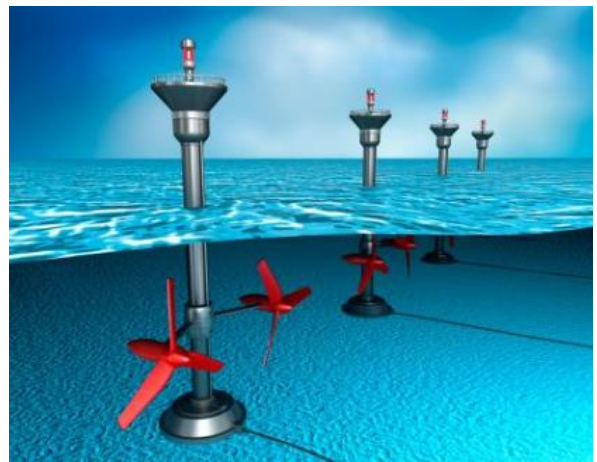
- **Ventajas de la energía hidráulica.**
  - Es una fuente de energía renovable, ya que no consume el agua que usa para generar electricidad.
  - También es una energía limpia, puesto que no necesita consumir ningún combustible y esto hace que no genere desperdicios.
  - A largo plazo resulta económico, ya que no depende de la compra de ninguna materia prima para su funcionamiento.
  - Resulta una fuente de energía muy estable y flexible, ya que ajustando el caudal del agua se puede regular la generación de energía para adecuarla a la demanda.
- **Desventajas de la energía hidráulica.**
  - A pesar de que, a largo plazo, una central hidroeléctrica, es económicamente rentable, su instalación supone una gran inversión inicial.
  - A su vez, debido a su gran tamaño, produce un impacto medioambiental.
  - El costo de una central hidroeléctrica no solo radica en su construcción, sino que también hay que tener en cuenta el potencial económico de los terrenos inundados.
  - Debido a que no permite el paso de sedimentos a través del cauce del río en el que se instala, modifica los ecosistemas fluviales río abajo.
  - Y, por último, al depender del agua que fluye por el caudal del río, en las temporadas de sequía extrema la producción de electricidad puede reducirse en gran medida.

### 2.3.4 Energía mareomotriz

La energía mareomotriz consiste en el aprovechamiento del movimiento del agua producido por las subidas y bajadas de las mareas, las cuales, a su vez, son resultado de la fuerza gravitatoria que ejercen el sol y la luna. Constituye una energía limpia y renovable porque no depende de ningún combustible, y el agua que usa no es consumida ni contaminada.

Las instalaciones encargadas del aprovechamiento de esta energía se denominan plantas mareomotrices. Estas plantas, cuando la marea sube, abren las compuertas y dejan pasar la masa de agua, la cual quedará retenida cuando la marea baje para que se pueda captar, mediante turbinas, la energía cinética y potencial. Esta energía se puede explotar de varias formas:

- Mediante los generadores de corriente de marea o TSG (Tidal Stream Generators), que captan la energía cinética del agua de forma muy similar a las turbinas eólicas del viento, y la transforman en energía eléctrica.
- También, mediante las presas de marea, cuyo funcionamiento se ha detallado anteriormente, y aprovechan la energía potencial para hacer mover unas turbinas generadoras de electricidad.
- Y, por último, mediante la energía mareomotriz dinámica o DTP (Dynamic Tidal Power), cuyo funcionamiento se basa en las dos anteriores.



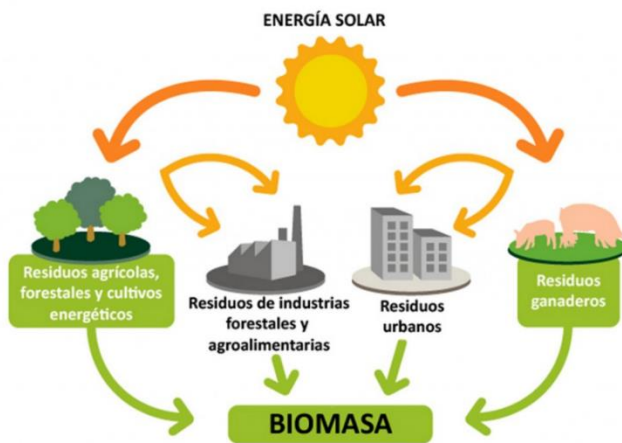
*Img.18. Boceto de planta mareomotriz.*

Actualmente, la energía mareomotriz se usa para suministrar energía eléctrica a pequeñas poblaciones o instalaciones industriales.

- **Ventajas de la energía mareomotriz.**
  - o La principal ventaja de este tipo de energía es que no consume ningún tipo de combustible ni de materia prima, ya que el agua que utiliza no es ni consumida ni contaminada.
  - o Además, esta fuente de energía proviene del efecto gravitatorio que ejercen la luna y el sol sobre los océanos, el cual, es infinito en términos humanos.
  - o El precio de esta energía no cambia con los insumos del mercado internacional.
  - o Las mareas, a diferencia de los fenómenos meteorológicos como el viento o el sol son muy predecibles.
  - o Y, por último, no genera ningún tipo de residuo que perjudique el medio ambiente.
- **Desventajas de la energía mareomotriz.**
  - o El factor que hace que la energía mareomotriz no esté demasiado implantada en la sociedad es su poca eficacia, ya que en casos ideales suministra energía a unos pocos cientos de miles de hogares, acosta de unos inversores de dimensiones inmensas que tienen un efecto muy negativo sobre el ecosistema marino.
  - o Además, la construcción de plantas mareomotrices es un proceso muy costoso.

### 2.3.5 Biomasa

La energía de biomasa se obtiene de la materia orgánica, tanto vegetal como animal, aprovechando los residuos orgánicos. Esta energía se obtiene de la combustión directa de los residuos orgánicos. Se puede decir que la energía proviene indirectamente de la energía del sol que es absorbida por los seres vivos.



Img.19. Formación de biomasa.

La energía de la biomasa se lleva utilizando desde hace miles de años, sin embargo, con la aparición de los combustibles fósiles, su uso fue disminuyendo. Es ahora, en estos últimos años, con el bum de las energías renovables cuando ha vuelto a ser aprovechada.

La biomasa se puede clasificar en función de su procedencia y de la cantidad de agua que tiene. Según el criterio puede ser:

- Natural. Es la biomasa procedente de los bosques, campos de cultivo y espacios naturales. Por ejemplo, en las plantaciones agrícolas las ramas y hojas que se obtienen de la poda anual se pueden usar como biomasa.
- Residual. Como su nombre indica, se obtiene a partir de los residuos orgánicos procedentes de procesos industriales y de áreas urbanas.

Y según el agua que contiene puede ser seca, como la madera o los residuos forestales, o húmeda como los desechos de la fabricación del aceite.

- **Ventajas de la biomasa.**
  - Ayuda a disminuir la cantidad de residuos producidos por el ser humano, además, estos residuos se producen de forma continua en todo el planeta, por lo que es prácticamente inagotable.
  - Económicamente es mejor que otras energías.
  - La tecnología que se necesita para aprovechar esta energía está muy desarrollada y tiene garantía de funcionamiento.
  - A su vez, se reduce el riesgo de incendio, retirando estos residuos del bosque, y puede ayudar a la economía de las zonas rurales creando nuevos puestos de trabajo.
- **Desventajas de la biomasa.**
  - El principal inconveniente, es que, a pesar de considerarse una energía renovable no es del todo limpia, ya que al tener que ser obtenida mediante la combustión emite humo a la atmósfera.
  - El rendimiento energético de la biomasa es considerablemente menor que el de los combustibles fósiles.
  - Las infraestructuras para la distribución de la biomasa no están tan desarrolladas como las de los combustibles fósiles.



### 2.3.6 Energía geotérmica

La energía geotérmica se obtiene de las fuentes geológicas de calor del interior de la tierra. Según se profundiza hacia el interior de la tierra la temperatura y la presión aumentan y es fácil hallar depósitos de agua hirviendo, cuya energía calorífica puede ser explotada. Este tipo de energía se considera renovable pese a que pueden existir complicaciones debido a que se pueden extinguir los yacimientos, los cuales pueden ser de tres tipos.

- Secos. Consisten en depósitos de vapor de agua y gas a altas temperaturas en los que no hay agua líquida.
- De aguas calientes. Son depósitos de agua caliente subterráneos sometidos a gran presión.
- Géiseres. Depósitos de agua caliente que están sometidos a tan altas presiones que se ven forzados a expulsar agua y vapor en forma de grandes chorros a la superficie.

Para poder aprovechar la energía geotérmica, en los yacimientos nombrados anteriormente, se instalan plantas geotérmicas que extraen el agua y la usan para generar energía eléctrica o directamente extraer la energía calorífica y transportarla.

Esta energía puede ser utilizada para la calefacción de edificios o la generación de energía, e incluso para cocinar. Un buen ejemplo de aprovechamiento de energía geotérmica es El Horno-Asador de Timanfaya de las islas canarias, el cual utiliza la actividad magnética de la zona para calentar el horno.

#### - **Ventajas de la energía geotérmica.**

- Al provenir del interior de la tierra y no usar componentes químicos peligrosos no supone ningún riesgo biológico ni tecnológico.
- No está condicionado por un combustible externo.
- La emisión de gases de efecto invernadero es considerablemente menor que en caso de los combustibles fósiles.
- Al provenir del calor del centro de la tierra, se considera una fuente de energía inagotable.



*Img.20. Central geotérmica The Geysers. A 116 km de San Francisco.*

#### - **Desventajas de la energía geotérmica.**

- La instalación de una planta geotérmica constituye un gran impacto visual.
- El agua que es extraída del interior de la tierra puede contener elementos contaminantes, y ésta, al ser evaporada hace que se propaguen por la atmósfera.
- Una planta geotérmica solo se puede instalar en zonas volcánicas donde es más probable encontrar yacimientos explotables.
- Existe una pequeña probabilidad de producir pequeños seísmos al reinyectar el agua en la tierra debido a la diferencia de temperatura entre el magma y el agua introducida.

## 2.4 El orfanato de Chazon

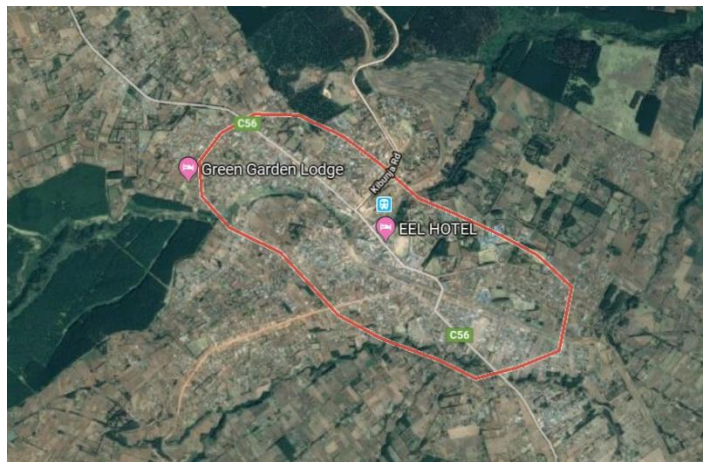
Como ya se ha comentado en el capítulo anterior, la localización donde se pretende llevar a cabo el proyecto es en un orfanato llamado Chazon, situado en Molo, una pequeña población de Kenia. Para poder determinar las características de la fuente de energía alternativa que se pretende instalar es necesario tener en cuenta la situación geográfica y las características climatológicas de la zona, así como, la situación energética de la región.

### 2.4.1 Emplazamiento

Molo es una pequeña población situada en el condado del Nakuru en Kenia.



Img.21. Situación de Molo dentro de Kenia.



Img.22. Población de Molo.

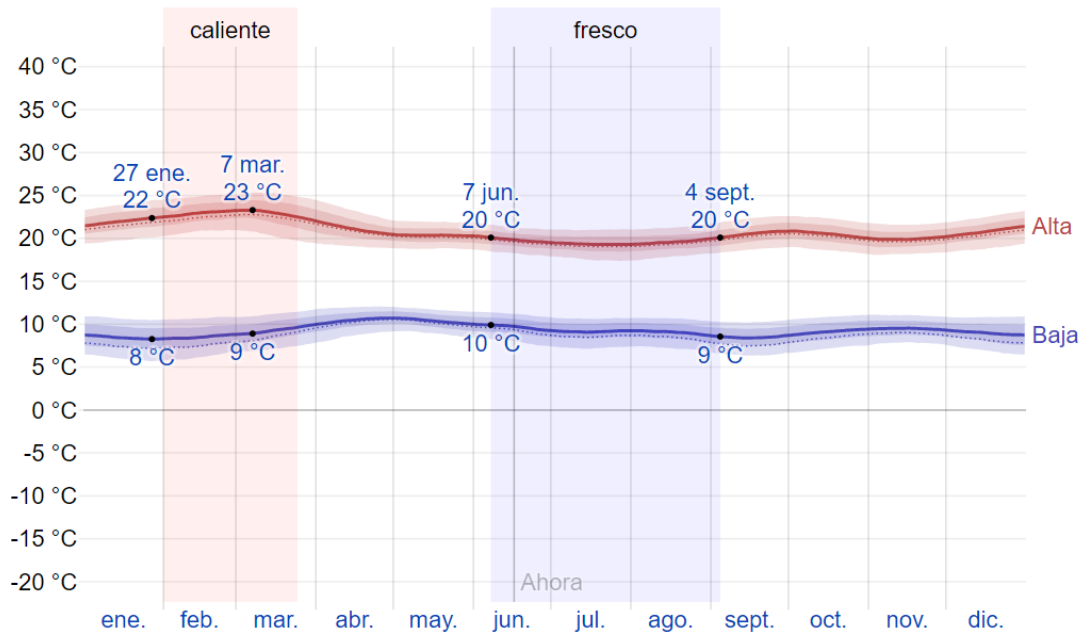
### 2.4.2 Climatología

Los factores climatológicos de la zona son muy importantes para determinar la tecnología a instalar, ya que hay que tener en cuenta que la mayoría de las energías renovables son muy dependientes de estos factores.

Por lo general, el clima de molo es moderado, teniendo cierta similitud con el clima de canarias, ya que los inviernos son cortos y no muy fríos, y los veranos tampoco son muy largos ni calurosos, con temperaturas que oscilan entre los 8 y 23 grados y rara vez sobrepasan los 25 grados o bajan de los 6.

## - TEMPERATURA

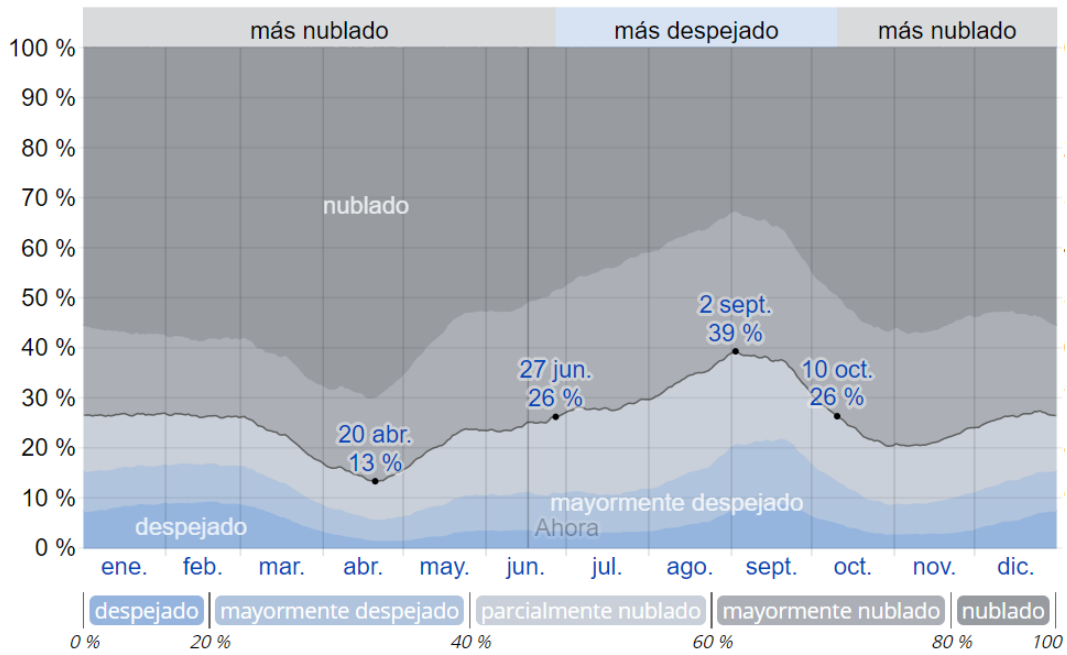
Como ya se ha comentado en el párrafo anterior, la diferencia de temperaturas entre verano e invierno es muy poco significativa. El verano, o temporada templada, dura 1,8 meses, con una temperatura máxima promedio de 22°C y una mínima de 9°C. Y el invierno, o temporada fresca, es un poco más larga, de 2,9 meses, donde la temperatura máxima rara vez supera los 20°C y la temperatura mínima promedio es de 8°C.



Img.23. Temperaturas máximas y mínimas promedio a lo largo del año en Molo.

## - NUBES

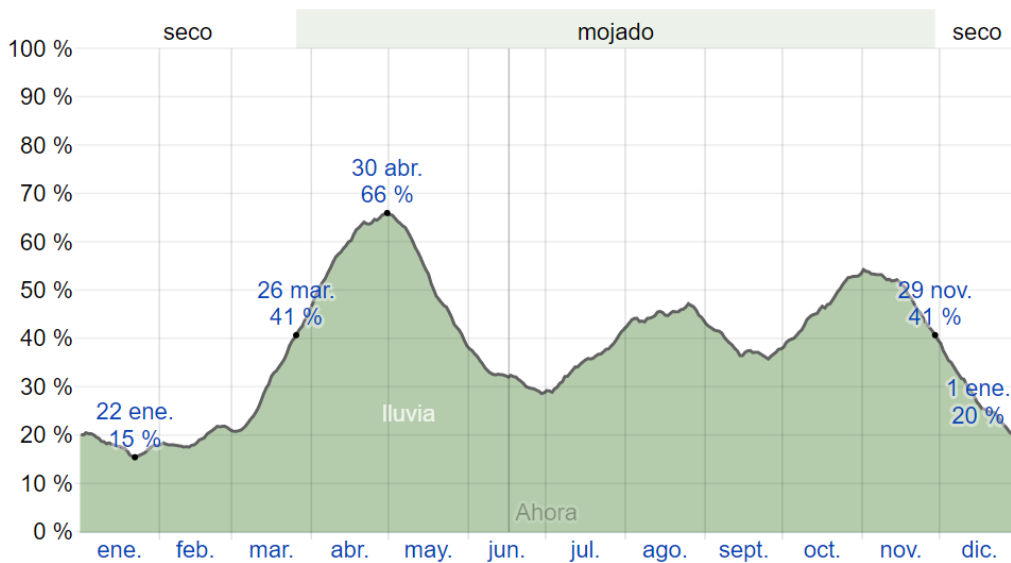
Según la época del año que sea, en Molo, la cantidad de días nublados varía notablemente, pero, por regla general hay más días nublados que en los que el cielo está despejado. Hay una época del año que dura 3 meses y medio que hay más probabilidad de que el día no esté nublado, la cual es de junio a octubre, sin embargo, esa probabilidad sigue siendo muy baja, de apenas un 40%.



Img.24. Probabilidad de nubosidad según la época del año en Molo

## - PRECIPITACIÓN

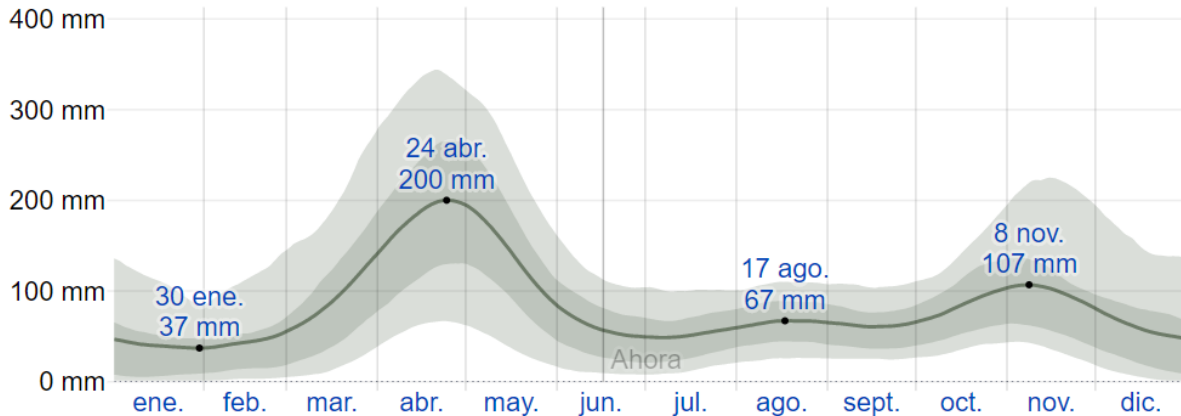
Considerando un día mojado como aquel en el que la cantidad de precipitación es mayor de un milímetro, la probabilidad de un día mojado fluctúa mucho dependiendo de la época del año. Aun así, se puede distinguir una época seca y una mojada. La época seca dura alrededor de 4 meses en los que la probabilidad de que un día sea mojado es de aproximadamente un 20%. Este periodo de tiempo se encuentra entre los meses de noviembre y marzo. El resto del año la probabilidad de que un día sea mojado es mayor, pero también existe una gran diferencia dependiendo del mes, ya que, por ejemplo, el 30 de abril tiene una probabilidad de un 66% de que sea mojado y el 30 de junio 30%.



Img.25. Probabilidad de que el día sea mojado en Molo.

A su vez, la cantidad de precipitación, dependiendo de la estación, varía mucho. La mayor parte de las precipitaciones totales durante el año en Molo se producen en un mes, concretamente en los 31 días centrados en el 24 de abril, donde, de media caen unos 200 mm de lluvia.

Para mostrar la cantidad de lluvia que cae en Molo durante el año, la gráfica que se muestra a continuación hace referencia a la cantidad de precipitación de 31 días centrados en cada día del año.



Img.26. Cantidad media de precipitaciones en Molo durante el año.

#### - **SOL**

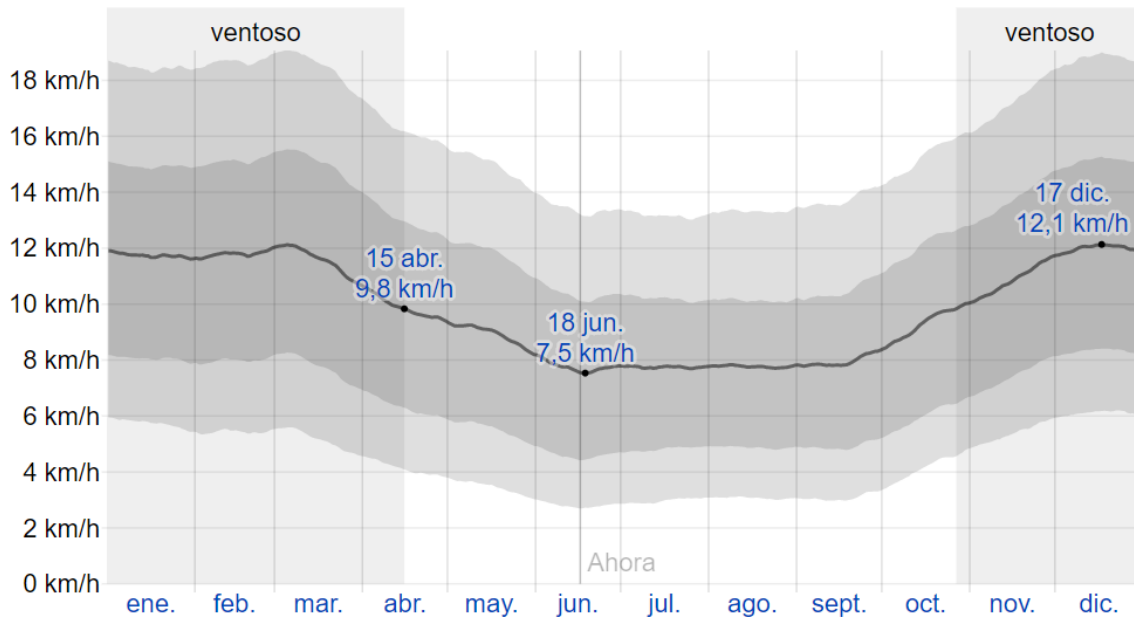
Debido a la situación geográfica en la que se encuentra Kenia, la diferencia de horas de luz entre el día más corto y el más largo del año es de apenas 2 minutos, lo cual es un factor a tener en cuenta, ya que es una fuente de energía constante, que no varía con la época del año.

A su vez, la diferencia entre la salida del sol más temprana y la más tardía es de 6:16 de la mañana a 6:47, por lo que, a efectos prácticos también se puede considerar constante.

#### - **VIENTO**

En Molo, en cuanto al viento se refiere, se pueden diferenciar dos estaciones, ventosa y no ventosa, las cuales duran aproximadamente 6 meses cada una. La estación ventosa empieza a finales de octubre y acaba a mediados de abril. Durante esta época del año, la velocidad promedio por hora medida en la dirección principal del viento es siempre mayor de 10km/h, sin embargo, en la estación no ventosa esa velocidad promedio es aproximadamente de 7,5 km/h.

La grafica que se muestra a continuación, muestra la velocidad promedio por hora medida en la dirección principal del viento, de tal forma que la variación de velocidad instantánea varía mucho más que la media.



Img.27. Velocidad del viento promedio por hora medida en la dirección principal en Molo a lo largo del año.

A su vez, la dirección del viento también varía durante el año, la mayor parte de él, el viento sopla desde el este y durante un periodo aproximado de 3 meses la dirección predominante es desde el sur. Este factor hay que tenerlo en cuenta a la hora de implantar energía eólica, ya que los generadores de eje horizontal solo pueden aprovechar la energía del viento que sopla en la misma dirección del eje.

### 2.4.3. Situación de la producción de energía actual

La energía eléctrica es un recurso prioritario para todas las naciones del mundo, ya que la economía y el desarrollo tecnológico dependen directamente de ella. Desgraciadamente, en una parte muy grande las regiones del planeta no se disponen de un suministro constante de electricidad, de tal forma que el 80% de las zonas rurales del planeta sufren de pobreza energética.

#### - **PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ÁFRICA**

Por desgracia, en muchos países del continente africano las personas que poseen un suministro de energía eléctrica constante son consideradas privilegiadas. Un estudio del banco mundial sobre el poco acceso que tienen los africanos a la energía eléctrica concluyó que:

- Solo el 25% de la población de África tiene acceso a energía eléctrica.
- Alrededor del 56% de la energía consumida proviene de la quema de biomasa tradicional, es decir, de leña y restos vegetales.
- Excepto por Nepal, los 20 países que más consumen biomasa del mundo son africanos.
- Con el crecimiento de la población y de la demanda energética, en las zonas de ingreso bajo han desaparecido 45.000 km<sup>2</sup> de bosque en tan solo 15 años, y en las zonas de ingreso medio otros 38.000 km<sup>2</sup>.

- Además, la gran mayoría de la población no tiene acceso a energía no contaminante, lo que supone un riesgo a su salud muy elevado.

Todos estos hechos son consecuencia directa de diversos factores que afectan al continente africano. En primer lugar, África sufre un gran subdesarrollo en infraestructuras, lo que dificulta el aprovechamiento de todos sus recursos. Además, no existe un marco institucional que haga de referencia en el sector energético. Otro factor es la falta de financiación del desarrollo tecnológico y del desarrollo en energías renovables. Por último, el modelo comercial del continente es obsoleto y junto con la gran inversión necesaria para implantar energías renovables supone un obstáculo enorme para el desarrollo de estas.

- **ENERGÍAS RENOVABLES EN ÁFRICA**

Como ya se ha comentado antes, la falta de inversores es el gran obstáculo para la implantación de energías renovables en África, ya que, aunque a la larga consigue ser más económica, la inversión inicial necesaria es mayor que la de los combustibles fósiles. A pesar de esto, hoy en día empieza a haber concienciación de que las fuentes de energía alternativas, como la solar, eólica o geotérmica pueden ser claves para acabar con la crisis energética del continente, y en países como Kenia, ya se han realizado grandes inversiones en energía geotérmica que han conseguido una reducción de los costes energéticos en dicho país.

Según Kandeh Yumkella, representante especial del secretario general de la Organización de las Naciones Unidas para la energía sostenible, África debe centrarse en pequeños proyectos que no supongan una gran inversión y que estén descentralizados, que sean capaces de llegar rápidamente a zonas rurales, donde más escasez hay.

## 2.5 Conclusión

Tras haberse estudiado las diferentes fuentes de energía disponibles, el clima de la región en la que se quiere implantar la fuente de energía y la situación energética de dicha región se ha decidido apostar por la energía eólica mediante la construcción de un pequeño aerogenerador para la obtención de energía eléctrica.

La elección de utilizar la energía eólica se ve impulsada por los siguientes motivos. En primer lugar, excepto la energía solar y la eólica, el resto de las energías renovables requieren de infraestructuras muy grandes que, para que sean rentables necesitan generar cantidades de energía a nivel industrial. En segundo lugar, los días de sol en la zona que se pretende implantar son menos que los días en los que el cielo está nublado, lo que disminuye en gran medida la eficiencia de las placas solares. Y, por último, la energía geotérmica y solar ya están bastante desarrolladas en Kenia, por lo que, integrando nuevas formas de obtener energía como la eólica, con la que no están muy familiarizados, se ayuda a concienciar de la existencia de diversas formas de obtener energía, lo que abre un abanico de nuevas posibilidades.

Además, como dice Kandeh Yumkella, hoy en día es más importante centrarse en pequeños proyectos descentralizados, que hagan llegar la energía a zonas rurales rápidamente, más que en proyectos faraónicos. De ahí que se haya elegido el diseño de un pequeño aerogenerador que suministre energía al orfanato de Chazon.



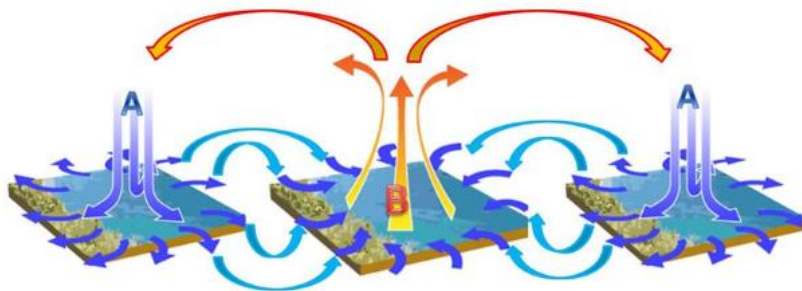
## 2.6 Sistemas eólicos

### 2.6.1 Introducción

#### - ¿EN QUE CONSISTE LA ENERGÍA EÓLICA?

La energía eólica proviene de la transformación de la energía solar que llega a la tierra. La tierra al ser una superficie esférica no recibe esta energía de manera homogénea en toda su extensión, sino que las zonas que se encuentran en perpendicular con los rayos del sol, como el ecuador, se calientan más que el resto, y a medida que nos acercamos a los polos se recibe menos cantidad de radiación progresivamente. Además, los océanos tardan más tiempo a la hora de calentarse y enfriarse que los continentes.

La diferencia de densidad en la atmósfera entre el aire frío y el caliente hace que el que está más caliente ascienda y se posicione en dirección norte sur. De esta forma el aire frío circula por debajo del aire caliente desde los polos hasta el ecuador y el aire caliente circula por encima del frío en sentido inverso al anterior. A su vez, las masas de agua y aire no siguen una trayectoria recta, sino que debido a la rotación de la tierra se mueven circularmente.



Img.28. Generación del viento debido a los cambios de temperatura.

Al mismo tiempo, debido a la diferencia de velocidad de enfriamiento y calentamiento entre la tierra y el agua, se crean diferencias de presión, que también influyen en la formación de corrientes de aire.



Img.29. Ciclo del aire debido a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra.

En resumen, el viento es simplemente corrientes de aire debido a las diferencias de presión y temperatura.

Aproximadamente, entre un 1 y 2% de la energía solar que recibe la tierra se transforma en energía eólica, que, aunque parece que no es mucho, hay que tener en cuenta que la cantidad de energía solar que llega a la tierra en una hora es de 174.423.000.000.000 kWh.

## - CÁLCULOS BÁSICOS

La energía eólica consiste en la energía cinética de las partículas del aire en movimiento, las cuales tienen una velocidad  $v$ . considerando una circunferencia de radio  $r$ , que está colocada en perpendicular al movimiento del viento, que es traspasada durante un periodo de tiempo  $t$  por una masa de aire  $m$ .

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot v \cdot t = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot t$$

$$E_{Kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{\pi}{2} \cdot \rho \cdot r^2 \cdot t \cdot v^3$$

Por lo tanto, la potencia del viento es:

$$P_{Viento} = \frac{E_{Kin}}{t} = \frac{\pi}{2} \cdot \rho \cdot r^2 \cdot v^3$$

Un detalle para destacar es que la potencia es proporcional al cubo de la velocidad, por lo cual, la velocidad es el coeficiente más significativo a la hora de hallar la energía eólica.

## - HISTORIA DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es una de las formas de energía más antiguas utilizadas por el ser humano. Ya hace cientos de años se usaban molinos de viento para moler el trigo o bombear agua. A finales del siglo XIX, con la llegada de la electricidad, los primeros aerogeneradores se basaron en la forma y el funcionamiento de estos molinos. A pesar de ello, hasta hace no mucho tiempo, la generación de electricidad mediante aerogeneradores no había jugado un gran papel.

Con la primera crisis del petróleo en los años 70, sobre todo a partir de los movimientos contra la energía nuclear en los años 80 en Europa, se despertó el interés en energías renovables. Sin embargo, los aerogeneradores de aquella época eran demasiado caros, y el elevado precio de la energía que se obtenía a través de estos era un argumento para estar en contra de su construcción. Debido a esto, los gobiernos internacionales promovieron la energía eólica en forma de programas de investigación y de subvenciones.

Así se crearon institutos como el Instituto Alemán de la Energía Eólica (DEWI), que poco a poco han ido llevando a cabo una estandarización de las instalaciones y de los métodos de seguridad que está llevando a cabo un mejor rendimiento económico de las instalaciones.

Los altos costes de generación de electricidad a partir del viento se redujeron considerablemente en 1981 con el desarrollo de un aerogenerador de 55KW. Hoy en día, las organizaciones ecológicas consideran la energía eólica una de las fuentes de energía más económicas si incluimos los costes externos de generación. Los aerogeneradores modernos generan una gran parte de la energía eléctrica del mundo.

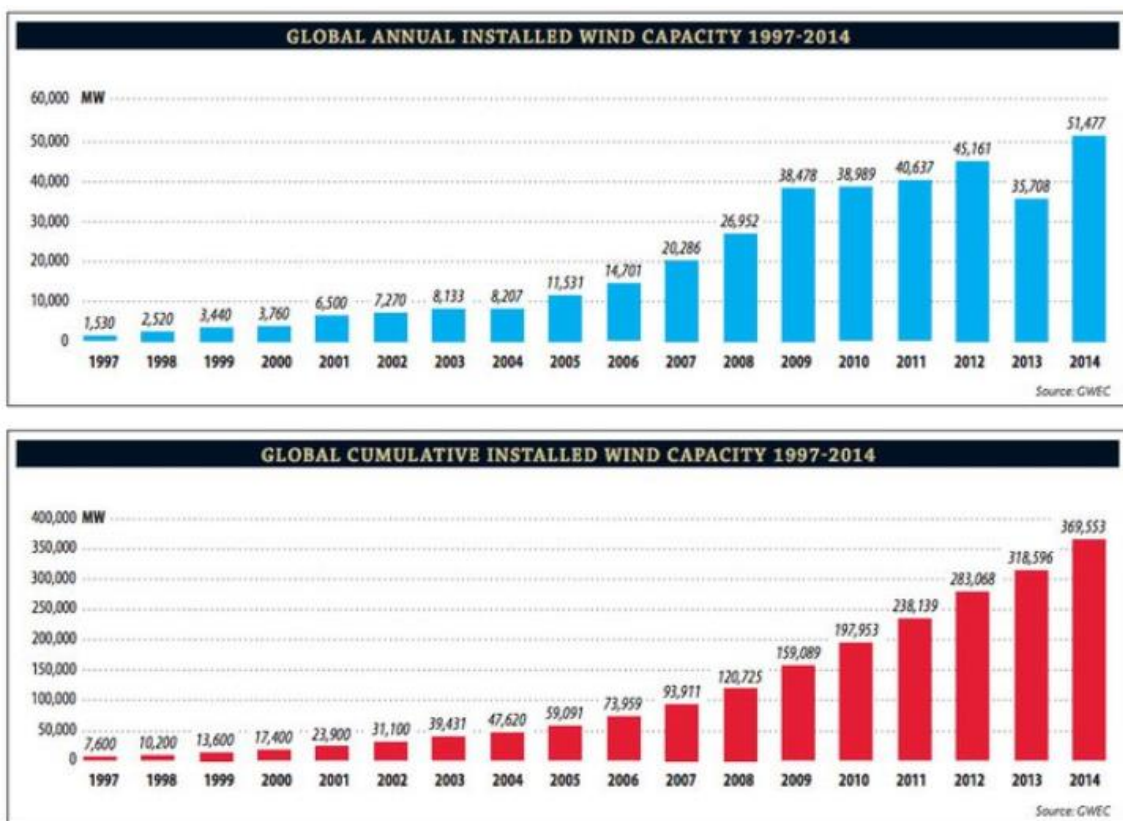


Img.30. Molino antiguo.

## - SITUACIÓN ACTUAL

Desde que los costes de generación de electricidad a partir de energía eólica disminuyeron en gran medida en la década de los 80, esta se industrializó y su mercado ha ido creciendo desde entonces de manera exponencial. Entre el año 1990 y 2010 la capacidad de transformación de energía eólica en energía eléctrica se ha multiplicado por 50. Para el futuro, está previsto que, para la década del 2030, haya instalada 10 veces la potencia eólica que había en 2010.

Hoy en día, la potencia eólica total instalada en el mundo es de 539 GW, lo cual supone el 5% de la demanda mundial de electricidad. Las principales razones por las que esta fuente de energía se ha desarrollado tanto han sido los avances en el desarrollo tecnológico de los aerogeneradores, lo cual está causando la disminución de los costes de generación, y las políticas de muchos países que han incentivado la creación de parques eólicos.



Img.31. Energía eólica instalada cada año y energía eólica total por año.

## 2.6.2 Aerogeneradores

Un aerogenerador es un aparato que gracias a su diseño es capaz de transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica. Hoy en día, la gran mayoría de parques eólicos están constituidos por turbinas de eje horizontal y tripalas.

El principio de funcionamiento de los aerogeneradores se basa en la resistencia que ofrecen las palas frente al viento. Gracias a la disposición y la forma de estas palas, la energía cinética del viento es usada para que las palas giren en torno a un eje, el cual transmite el movimiento de rotación a un sistema mecánico de engranajes con el fin de aumentar la velocidad de giro. Una vez que la velocidad es mayor se transmite al rotor de un generador, el cual es el encargado de transformar la energía de rotación en energía eléctrica.

En resumen, el funcionamiento de estos dispositivos consiste, primero en transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación y ésta, transformarla en electricidad.

Para entender mejor este proceso, a continuación, se muestran las diferentes partes por las que está constituido un aerogenerador, y sus respectivas funciones dentro de este procedimiento.

### - **PARTES DE UN AEROGENERADOR**

- **Palas** (comúnmente llamadas hélices o aspas): Constituye el elemento más importante del aerogenerador, ya que son las responsables de captar la energía del viento y transformarla en energía mecánica de rotación. Las palas se caracterizan por estar fabricadas por materiales ligeros, lo cual facilita su movimiento y de alta resistencia a la fatiga, ya que pueden estar días sin pararse. Por lo general, una turbina consta de 3 o 4 palas, según la turbina. Al existir un elevado número de tipos de aerogeneradores, cada aerogenerador requiere de una forma específica de pala, esto hace posible que existan palas de todas las formas y tamaños.



Img.32. Tipo de pala 1.



Img.33. Tipo de pala 2.



Img.34. Tipo de pala 3.



Img.35. Tipo de pala 4.



Img.36. Buje de un aerogenerador.

- **Buje:** Se trata de una pieza de unión entre las palas y el eje principal. Es el elemento que transmite el movimiento de las palas al interior del aerogenerador, mas concretamente al eje de baja velocidad de la caja multiplicadora si la tiene, y sino, directamente al generador. En el caso de un aerogenerador de eje vertical, no se requiere de buje, ya que las palas están directamente conectadas al eje.

- **Rotor:** Es el conjunto formado por las palas, el buje y el cono o nariz (parte delantera del buje que dirige el viento hacia las palas), que se encarga de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación.
- **Generador:** Es el elemento que transforma la energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Existen 2 tipos de generadores, generadores de corriente alterna y generadores de corriente continua. Como la electricidad que se usa actualmente es la de corriente alterna, todos los generadores son de este tipo. Sin embargo, dentro de los generadores de corriente alterna hay dos modelos, generadores síncronos y asíncronos. En general los generadores síncronos, no es posible conectarlos a la red eléctrica directamente, ya que es necesario un elemento colocado entre el generador y la red denominado convertidor de frecuencias. A pesar de la necesidad de este elemento intermedio, permiten una mayor eficiencia de la turbina y son más compatibles con la red. Los generadores asíncronos tienen una ventaja, que es que no deben tener una velocidad fija, sino que puede variar. A su vez, suelen comportarse mejor ante un fallo. Al poder variar la velocidad, pueden variar la excitación gracias al control que ejerce el convertidor.
- **Soporte o torre:** consiste en un componente de carácter estructural que soporta el peso de la góndola y el rotor, y que permite situarlos a una determinada altura para evitar las turbulencias y la baja velocidad producidas por el contacto de viento con la tierra.



Img.37. Torre de aerogenerador 1.



Img.38. Torre de aerogenerador 2.



- **Eje de baja velocidad:** Es el elemento de unión entre el rotor y la caja multiplicadora. El rotor de los aerogeneradores de hoy en día, gira a una velocidad muy moderada y por ello es necesario ampliar esta velocidad mediante un conjunto de engranajes.
- **Multiplicadora:** Consiste en el conjunto de engranajes mencionados en el párrafo anterior. Ya que la velocidad de giro del rotor es demasiado baja como para que pueda ser aprovechada por el generador, se utiliza este componente para aumentarla y así poder accionar el generador.

Además, se encarga de unir el eje de baja velocidad con el eje de alta velocidad. Una multiplicadora se caracteriza por su relación de transformación, la cual consiste en la relación entre el eje de baja velocidad (entrada) y el de alta velocidad (salida).

- **Eje de alta velocidad:** Es el eje de salida de la multiplicadora, y el que acciona el generador eléctrico. Su velocidad de giro es mucho mayor, de hasta 1500 revoluciones por minuto.

- **Góndola:** La función de este elemento es la de almacenar todos los elementos mecánicos y eléctricos (generador, ejes, multiplicadora...), protegiéndolos de las condiciones climatológicas. Cuando el aerogenerador es muy grande, el personal que se encarga de supervisar el correcto funcionamiento de éste puede acceder a él por la torre.



Img.39. Góndola de un aerogenerador de eje horizontal.

- **Sistema de regulación y control:** Este componente es el encargado de mantener la velocidad de giro constante. En el caso en el que la velocidad del viento sea mayor o menor que la de desconexión, este sistema también actúa, frenando el rotor con el fin de evitar daños. Lo cual se consigue mediante un freno aerodinámico y otro mecánico.

El freno aerodinámico consigue disminuir la velocidad de giro cambiando el ángulo de las palas, lo cual hace que el aerogenerador no pueda aprovechar la energía del viento y poco a poco pierda velocidad.

Sin embargo, el segundo, consiste en un freno de disco colocado en el eje de alta velocidad, ya que éste consta de menor par y no es necesaria mucha fuerza para frenarlo. Se encarga de parar completamente el aerogenerador y solo se usa en caso de emergencia, o para los momentos en los que se introduce un operario en la góndola como medida de seguridad.

- **Sistema de orientación:** En los aerogeneradores de eje horizontal, la dirección del viento tiene que coincidir con el eje de rotación del rotor obteniendo la mayor superficie de captación posible para poder aprovechar la máxima energía cinética del viento. La función de este sistema es la de orientar el rotor para una mayor captación de energía.

- **Veleta:** Mide la orientación del viento, con el fin de que el sistema de orientación sepa hacia que dirección orientarse.
- **Anemómetro:** Mide la velocidad del viento para saber si está dentro de los parámetros de activación del aerogenerador.
- **Unidad de refrigeración:** Tanto en el generador, por el movimiento de rotación y la generación de energía eléctrica, como en la multiplicadora, por el rozamiento entre engranajes, se genera mucho calor, por ello es necesario un sistema de refrigeración para evitar un peor funcionamiento del aerogenerador.
- **Cimentación:** Consiste en la base del aerogenerador. Es un elemento de carácter estructural que soporta el peso de todo el sistema.

Estos elementos corresponden a un aerogenerador de eje horizontal. Los aerogeneradores de eje vertical son mucho más simples y no requieren de todos los sistemas explicados anteriormente.

#### - CLASIFICACIÓN

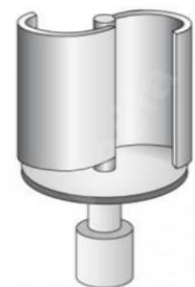
Actualmente, se pueden encontrar turbinas eólicas de todas las formas y tamaños. Éstas pueden ser clasificadas según diversos factores.

#### - **Según el eje de giro.**

- o **Eje vertical:** Se caracterizan por tener el eje de rotación del rotor perpendicular a la superficie del suelo. Estos aerogeneradores tienen como gran ventaja su simplicidad en comparación con los de eje horizontal, ya que son omnidireccionales, lo que significa que no necesitan un sistema de orientación. A su vez, gracias a su disposición, permiten colocar los sistemas de transformación de energía en su base, a la altura del suelo, lo cual permite mayor facilidad a la hora del mantenimiento y hace innecesarias las torres que tenían que soportar todo el peso de la góndola. Por otro lado, también conllevan una serie de desventajas. Como por ejemplo que presentan menores eficiencias, ya que ofrecen resistencia al viento. También, en algunos modelos se requiere de un sistema exterior de arranque. Y, por último, el mantenimiento de el rotor es mucho más laborioso debido a su disposición, ya que se requiere el despiece de todo el sistema.

Dentro de esta categoría existen varios modelos:

- **Aerogenerador con rotor Savonius:** De entre los aerogeneradores de eje vertical este es el más simple de todos, ya que consiste en semicilindros huecos descentrados de su eje de rotación, de tal forma que la parte cóncava ofrece mayor resistencia al viento que la convexa.



Img.40. Aerogenerador de tipo Savonius.

- **Aerogeneradores con rotor Darrieus:** De las turbinas eólicas de eje vertical, es la que mas se ha comercializado. Este tipo consiste en un eje colocado sobre el rotor al que se unen por sus extremos dos o mas finas palas en curva. El perfil de las palas es muy parecido a las alas de un avion. Requiere de un sistema externo de arranque para ponerse en movimiento.



Img.41. Aerogenerador de tipo Darrieus.



Img.42. Aerogenerador de tipo Giromill.

- **Aerogenerador con rotor Giromill:** Estos generador constan de palas vertivales fijadas al eje por medio de soportes horizontales. Esta palas pueden cmbiar su orientación según la velocidad del rotor para aprovechar mejor la energía del viento.
- **Aerogenerador con rotor Windside:** Es una variante del Savonius, que, en vez de ser cilindros, es un sistema de álabes en torsión que ascienden a lo largo del eje. Su principal ventaja frente al resto de generadores verticales es su aerodinámica, que le permite alcanzar eficiencias mucho mayores al resto.



Img.43. Aerogenerador de tipo Winside.

- **Eje Horizontal:** Hoy en día son el tipo de aerogeneradores que se usan en la mayoría de los parques eólicos del mundo. Estos son capaces de obtener una mayor eficiencia energética, ya que sus palas nunca se mueven en dirección contraria al viento, al mismo tiempo, sus velocidades de giro son mayores por lo que necesitan unan caja reductora de menor relación de giro. Por último, su disposición sobre una torre les permite alcanzar vientos de mayor velocidad.



Img.44.  
Aerogenerador de eje horizontal.



- **Según la posición del equipo con respecto al viento.**

- A barlovento: Por lo general, todas las maquinas eólicas tienen el rotor de cara al viento, ya que esto evita un mayor abrigo del viento y permite una eficiencia mayor. Aunque, de cara al viento también hay viento que se desvía antes de llegar a las palas, es mucho menor que si estuviese colocado a sotavento.
- A sotavento: Al tener el rotor situado a sotavento no es preciso un sistema de orientación del rotor, sino que éste mismo, de forma pasiva, se orienta de forma pasiva.

- **Según el número de palas.**

- De una pala: Estos aerogeneradores, al tener una reducción considerable de masa en el rotor, la velocidad de giro es mucho mayor, lo cual reduce los costes de la multiplicadora. Además de que el material necesario es menor y también ahí se reduce el coste de fabricación. Pese a esas ventajas, se requiere de un contrapeso para compensar la única pala, lo cual produce un desequilibrio aerodinámico que en un futuro conlleva problemas de fatiga. A demás, esa mayor velocidad en el rotor significa que la velocidad de la punta de la pala también es muy elevada y produce un sonido también muy elevado.
- De dos palas: Las ventajas y desventajas de un aerogenerador de dos palas y de una son prácticamente las mismas. Mayor velocidad del rotor y menores costes de producción, pero peor aerodinámica y mayores oscilaciones en las puntas de las palas lo que produce inestabilidad.



Img.45. Aerogenerador de una pala.



Img.46. Aerogenerador de dos palas.

- De tres palas: Este tipo de aerogeneradores posee tres 3 palas colocadas de tal forma que entre cada una exista una diferencia de  $120^\circ$ . Esta disposición de palas es la mas usada en los parques eólicos de la actualidad, debido a que pese que un mayor número de palas proporciona mayor estabilidad, también conlleva mayores costes de producción. Por ello, no se utilizan generadores eléctricos con mayor número de palas, sin embargo, sí que se usan para otras funciones mecánicas como el bombeo de agua.

La mayor ventaja que presentan es su suavidad a la hora de funcionar debido al mayor número de palas, ya que trabajan con una velocidad de giro menor, lo que disminuye el ruido y las vibraciones en las puntas.



Img.47. Aerogenerador de tres palas.

- **Según su velocidad de trabajo.**

- Aerogeneradores de alta velocidad: Éstos suelen tener un número de palas reducido que les permite generar más potencia por unidad de masa ya que son más ligeras. Gracias que son más ligeras, pueden disponer de un mayor radio de giro y ser situados a mayor altura siendo capaces de aprovechar una velocidad del viento superior.

A pesar de esto, estas máquinas necesitan velocidades del viento más altas para el proceso de arranque, de entre 4 y 5 m/s, llegando a su potencia nominal a los 12/15 m/s.

- Aerogeneradores de baja velocidad: A diferencia de las de alta velocidad suelen contar con un gran número de palas. Se utilizan para usos mecánicos y de bombeo de agua.

- **Según la potencia generada.**

- Menos de 3kW: Generalmente se usan de forma aislada con el fin de cargar unas baterías y posteriormente poder usar la electricidad de las baterías. Los aerogeneradores más comunes de este tipo son de eje horizontal y de tres palas. Al no necesitar generar mucha potencia, su diámetro suele ser pequeño, no más de 5 metros, además, al trabajar a velocidades muy elevadas no requieren de caja multiplicadora. El generador suele ser de imanes permanentes, y genera corriente alterna con una frecuencia que no es constante, por lo que es necesario que pase por un rectificador para poder ser almacenada en las baterías.

- Menos de 50kW: Su uso es muy parecido al de los anteriores generadores, cargar baterías de almacenamiento. Se pueden usar en sistemas combinados, junto con otro tipo de fuentes de energía como pueden ser placas solares o algún generador que funcione con combustibles fósiles. Este tipo de aerogeneradores ya requieren de una caja multiplicadora, ya que, para generar más potencia, se necesita mayor velocidad de giro de la que puede alcanzar el rotor.

- Menos de 850kW: En el caso de estos generadores, la electricidad generada es directamente inyectada a la red eléctrica. Generalmente son de eje horizontal y de tres palas, por lo que son de alta velocidad. El diámetro del rotor oscila entre los 30 y 55 metros. La gran diferencia con los anteriores, a parte de sus dimensiones, es que

las palas poseen un sistema de regulación activo o pasivo, para poder controlar la velocidad del rotor según la velocidad a la que sopla el viento.

- Más de 850kW: Estructural y funcionalmente son exactamente iguales al anterior grupo, solo que sus dimensiones son del orden del doble. Este tipo son los que se usan en los parques eólicos para la generación de energía eléctrica comercial.

## - RENDIMIENTO

En primer lugar, hay que considerar que la energía que recibe un aerogenerador no es constante, no es como cualquier electrodoméstico que podamos tener en casa que trabaja con una potencia determinada. Los aerogeneradores captan la energía cinética de viento, el cual no sopla siempre a la misma velocidad ni mucho menos, sino que puede variar mucho su velocidad en un periodo muy corto de tiempo, por ello el rendimiento de estas máquinas no se puede calcular con las fórmulas convencionales, y tampoco va a tener un único valor, sino que van a ser un rango de valores según la velocidad del viento.

A su vez, también hay que tener en cuenta que el rotor no puede captar toda la energía cinética del viento, ya que, si fuese así, el viento detrás de él no se movería, impidiendo pasar más viento y haciendo que todo el aire en el entorno del aerogenerador estuviese quieto. Por ello la ley de Betz indica que únicamente se puede transformar menos del 59% de la energía cinética del viento.

Para entender bien la ley de Betz, primero hay que entender cómo se comporta el viento al atravesar un aerogenerador.



Img.48. Flujo del aire a través de un aerogenerador

En la imagen se muestra como el viento fluye de derecha a izquierda a través de un aerogenerador de eje Horizontal de tres palas (aunque podría haberse tratado de cualquier tipo). El rotor de la turbina, al captar la energía cinética del viento hace que este se frene, por lo tanto, la velocidad del viento que está a la derecha de la imagen es menor que la que está a la izquierda. A su vez, Como el caudal que aire que atraviesa el rotor es constante, como la velocidad de

entrada en es mayor que la de salida, el aire que ya ha atravesado el rotor debe ocupar un área de mayor diámetro.

Una vez explicadas la velocidades del viento, hay que considerar la velocidad media de ambos como  $(v_1+v_2)/2$ . De tal forma que la masa de aire que atraviesa al rotor por segundo es de:

$$m = \rho \cdot A(v_1 + v_2)/2$$

Donde  $A$  es el área que abarca el rotor,  $\rho$  es la densidad del aire y  $m$  es la masa de aire por segundo.

La potencia que es absorbida por el rotor será la diferencia de la energía cinética del viento entre la entrada y la salida en cada segundo:

$$P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_1^2 - v_2^2)$$

Aplicando en esta ecuación la  $m$  expresada en la anterior, la potencia que consiguen aprovechar los aerogeneradores del viento es:

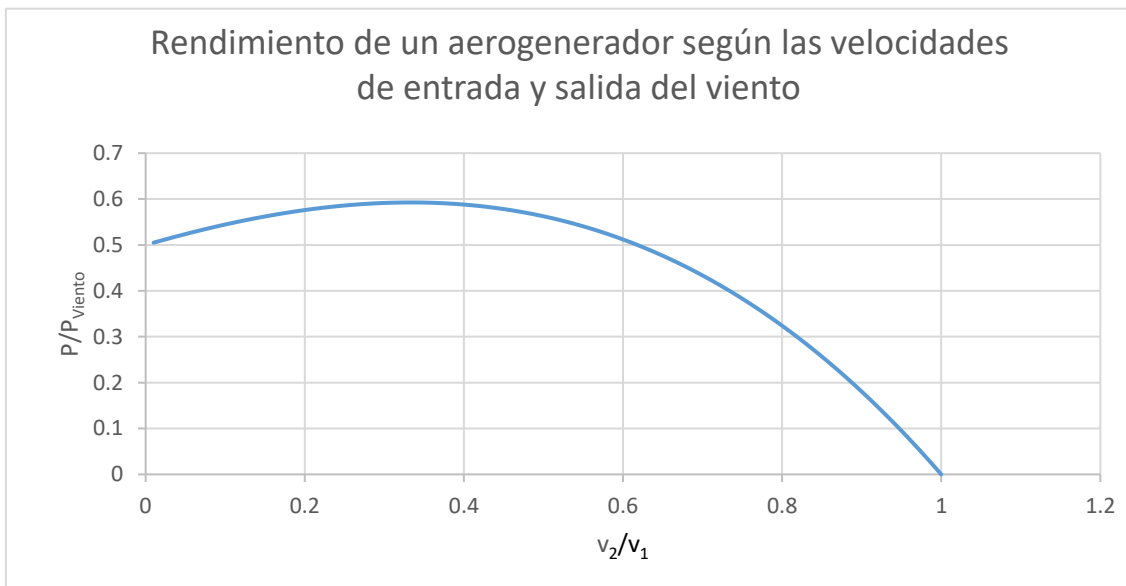
$$P = \frac{\rho}{4} \cdot (v_1^2 - v_2^2) \cdot (v_1 + v_2) \cdot A$$

Comparando esta potencia, con la potencia inicial del viento, sin perturbaciones que era:

$$P_{\text{viento}} = \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot v_1^2$$

$$\frac{P}{P_{\text{viento}}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right) \cdot \left(1 + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)\right)$$

Representando una gráfica para los diferentes valores de  $v_2/v_1$ , se observa que el valor máximo al que puede llegar el rendimiento es 0.592, es decir un 59,2%. Y este valor se alcanza cuando la relación entre  $v_2$  y  $v_1$  es aproximadamente 1/3.



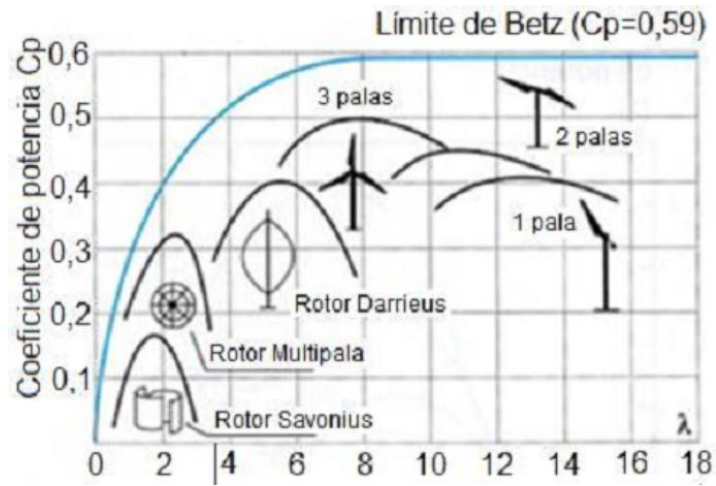
El límite de Betz del 59,2% de rendimiento máximo es únicamente un límite teórico, es muy complicado, por no decir imposible, que un aerogenerador alcance ese nivel de rendimiento. A su vez, debido a sus diferentes características estructurales, cada tipo de aerogenerador tiene su propio rendimiento o coeficiente de potencia. A continuación, se muestra en una tabla los diferentes CP (Coeficientes de potencia) para los distintos aerogeneradores, frente a los TSR o velocidades específicas.

La velocidad específica o TSR o  $\lambda$  se calcula así:

$$\lambda = \frac{r_{\text{aerogenerador}} \cdot W_{\text{aerogenerador}}}{v_1}$$

Donde:

- $r_{\text{aerogenerador}}$  = Radio del rotor del aerogenerador [m]
- $\omega_{\text{aerogenerador}}$  = Velocidad angular del aerogenerador [rad/s]
- $v_1$  = Velocidad del viento antes de atravesar el rotor [m/s]



Img.49. Rendimiento de los distintos tipos de aerogeneradores.



## 3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

### 3.1 Consumo del orfanato

El factor más importante a la hora de diseñar un aerogenerador es la potencia que se necesita, de tal forma que hay que calcular la potencia que se consume el orfanato. Para ello hay que tener en cuenta el consumo de los diferentes aparatos eléctricos de los que dispone el centro y sus horas de funcionamiento aproximadas para calcular a su vez el consumo total. Con el fin de llevar a cabo este cálculo con la mayor precisión posible, se calculará el consumo de cada mes por separado, ya que el consumo varía mucho dependiendo de la época del año en la que se encuentren.

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA UNITARIA (W)	UNIDADES	POTENCIA TOTAL (W)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	1	450
Horno	1200	1	1200
Vitrocerámica	4000	1	4000
Microondas	1500	2	3000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	1	500
Radio	200	2	400
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	15	40	600
<b>OTROS</b>			
Cargadores	11	20	220
Estufa eléctrica	1300	2	2600
<b>POTENCIA MÁXIMA (W)</b>			<b>12.970</b>

Una vez expuestos los diferentes aparatos eléctricos de los que dispone el orfanato y calculada la potencia total según la cantidad de cada uno de los aparatos, hay que calcular el consumo total dependiendo del número de horas usadas al día.

- **CONSUMO ENERO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	4,8	2880
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1	2600
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>26.860</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>832.660</b>

- **CONSUMO FEBRERO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	4,8	2.880
<b>OTROS</b>			



Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1	2600
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			26.860
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			752.080

- **CONSUMO MARZO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	4,8	2.880
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1,5	3900
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			28.160
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			872.960

- **CONSUMO ABRIL**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			

TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5,2	3120
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1,5	3900
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>28.400</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>852.000</b>

- **CONSUMO MAYO**

<b>EQUIPO/ESTANCIA</b>	<b>POTENCIA TOTAL (W)</b>	<b>HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)</b>	<b>CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)</b>
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5	3000
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	2,5	6500
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>30.880</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>957.280</b>

- **CONSUMO JUNIO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5,5	3300
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	3	7800
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			32.480
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			974.400

- **CONSUMO JULIO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5,5	3300
<b>OTROS</b>			

Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	4	10400
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			35.080
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			1.087.480

- **CONSUMO AGOSTO**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5,5	3300
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	3,5	9100
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			33.780
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			1.047.180

- **CONSUMO SEPTIEMBRE**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400

Vitroc�er�mica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5	3000
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	3	7800
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>32.180</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>965.400</b>

- **CONSUMO OCTUBRE**

<b>EQUIPO/ESTANCIA</b>	<b>POTENCIA TOTAL (W)</b>	<b>HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)</b>	<b>CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)</b>
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitroc�er�mica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	5	3000
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	2	5200
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>29.580</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>916.980</b>

- **CONSUMO NOVIEMBRE**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	4,8	2880
<b>OTROS</b>			
Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1,5	3900
<b>CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)</b>			<b>28.160</b>
<b>CONSUMO TOTAL AL MES (WH)</b>			<b>844.800</b>

- **CONSUMO DICIEMBRE**

EQUIPO/ESTANCIA	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA (ENERO) (h/DÍA)	CONSUMO TOTAL AL DÍA (Wh/DÍA)
<b>COCINA</b>			
Nevera	450	4	1800
Horno	1200	2	2400
Vitrocerámica	4000	2	8000
Microondas	3000	2	6000
<b>ENTRETENIMIENTO</b>			
TV	500	3	1500
Radio	400	2	800
<b>ILUMINACIÓN</b>			
Halógenas	600	4,8	2880
<b>OTROS</b>			

Cargadores	220	4	880
Estufa eléctrica	2600	1	2900
CONSUMO TOTAL DIARIO (WH)			26.860
CONSUMO TOTAL AL MES (WH)			832.660

-

La mayoría de los aparatos eléctricos con los que se ha calculado el consumo, como las televisiones, la vitrocerámica o el horno, hoy en día no disponen de ellos, pero está previsto que en los próximos 10 años se lleven a cabo proyectos similares a este, los cuales dotarán al orfanato de ellos. Por ello, se ha querido tener en cuenta el consumo a largo plazo.

A continuación, se comparará el consumo diario de los diferentes meses con el fin de determinar el consumo máximo.

MES	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO MENSUAL (KWh)
ENERO	26,86	832,66
FEBRERO	26,86	752,08
MARZO	28,16	872,96
ABRIL	28,4	852
MAYO	30,88	957,28
JUNIO	32,48	974,4
JULIO	35,08	1087,48
AGOSTO	33,78	1047,18
SEPTIEMBRE	32,18	965,4
OCTUBRE	29,58	916,98
NOVIEMBRE	28,16	844,8
DICIEMBRE	26,86	832,66

Con el fin de añadir un margen de seguridad por si algún día hay un pico de consumo excesivamente alto, se le sumará a todos los meses un 20% más de consumo a la hora de diseñar el aerogenerador.

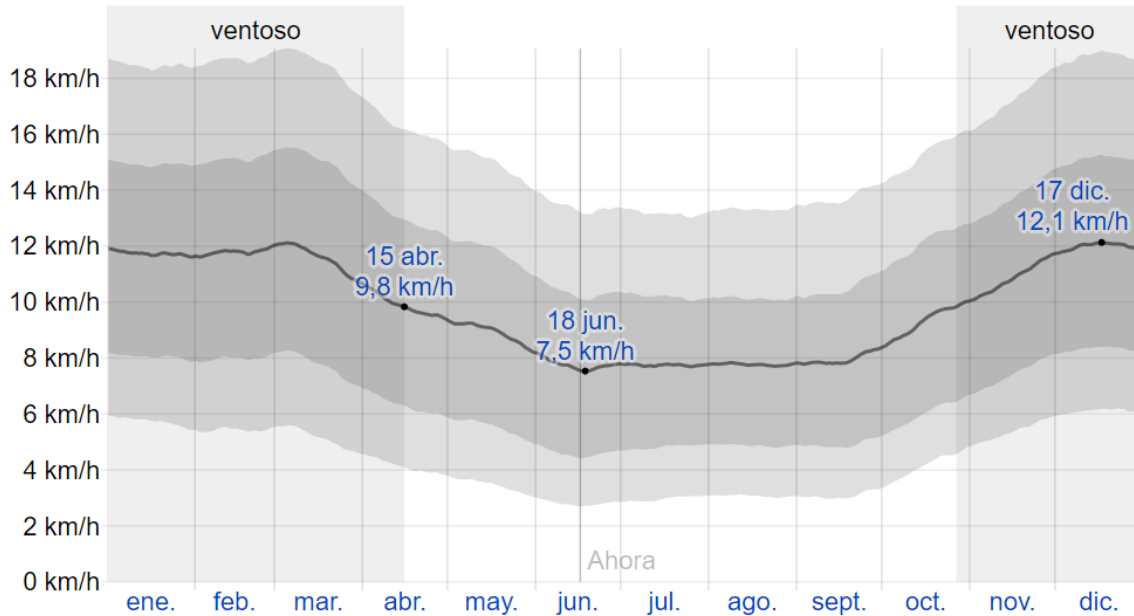
MES	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO DIARIO + 20% (KWh)
ENERO	26,86	32,23
FEBRERO	26,86	32,23
MARZO	28,16	33,79
ABRIL	28,4	34,08
MAYO	30,88	36,1
JUNIO	32,48	38,97
JULIO	35,08	42,1
AGOSTO	33,78	40,54
SEPTIEMBRE	32,18	38,62
OCTUBRE	29,58	35,5
NOVIEMBRE	28,16	33,79
DICIEMBRE	26,86	32,23

De tal forma que el consumo máximo diario sería de 42,1KWh. A partir de este valor de consumo y de una potencia máxima de 13KW se llevará a cabo el diseño del aerogenerador.



## 3.2 Elección del aerogenerador

En primer lugar, es necesario determinar la velocidad del viento en la zona para poder determinar las características del aerogenerador.



Img.50. Velocidad del viento en Molo a lo largo del año.

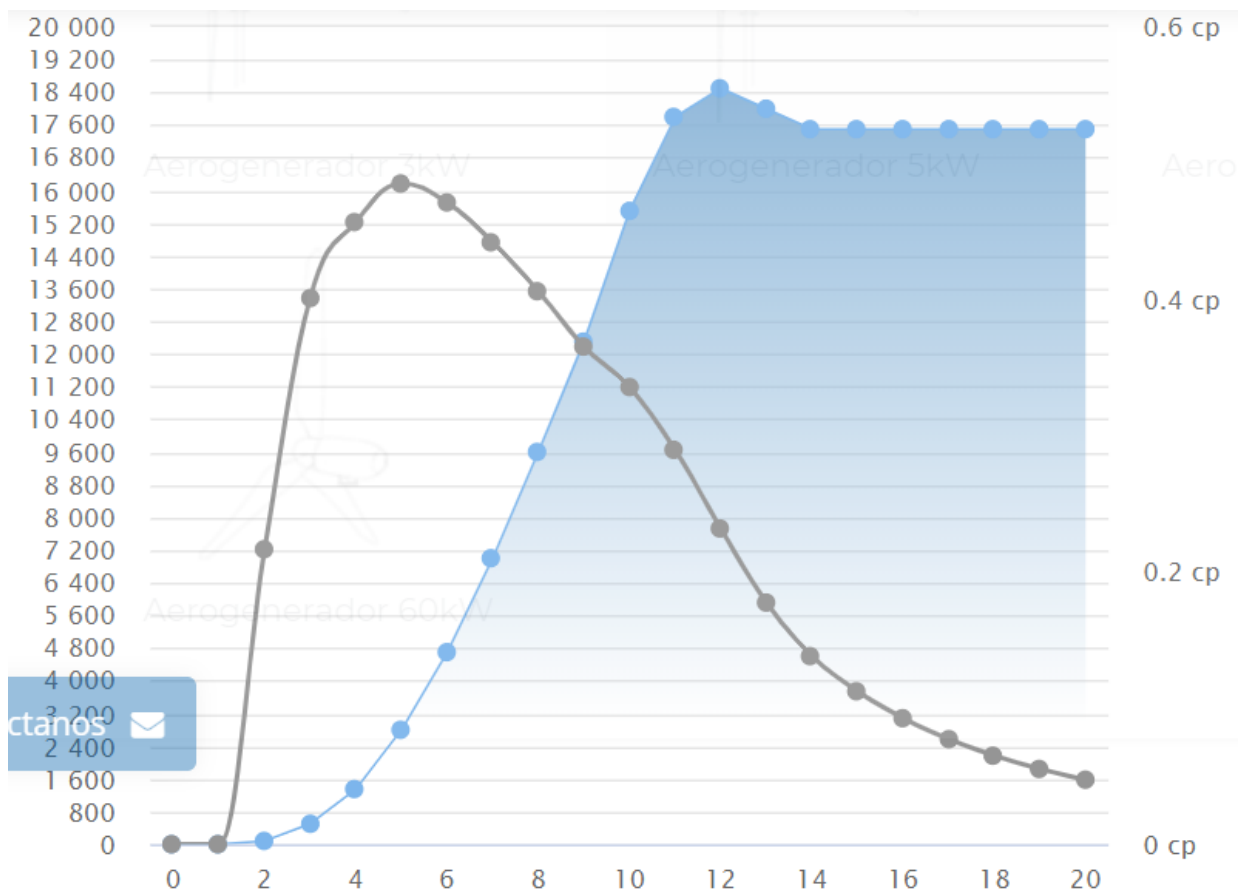
En la gráfica anterior, la cual ya se había mostrado en el capítulo de la climatología, se puede observar la velocidad del viento en molo según la época del año. Como puede verse, hay un periodo de 4 meses aproximadamente donde la velocidad del viento media es de casi 8km/h (2,22m/s), la cual es bastante baja, ya que la mayoría de los aerogeneradores comienzan a funcionar a los 3 m/s. A su vez, hay otros cuatro meses donde la velocidad media es de 12 km/h (3,3 m/s) con algunos días en los que la media del viento puede superar los 18 km/h (5 m/s). Estas velocidades tampoco son óptimas, ni mucho menos, por eso es necesario un aerogenerador cuya velocidad de arranque sea muy baja, que posea una gran área de barrido para poder captar la máxima energía posible y que disponga de una eficiencia lo más alta posible.

En este proyecto, en principio se pretendía diseñar el aerogenerador, pero debido a las exigentes características que se necesitan para que se puede llevar a cabo una eficaz captación de energía se ha decidido buscar una turbina ya existente, la cual superará la eficiencia de cualquier aerogenerador que sea diseñado un alumno. A su vez, comprando un aerogenerador ya existente se reducen los gastos, ya que no habría que fabricar cada pieza por separado, sino que ya están estandarizadas.

### 3.3 Aerogenerador ENAIR 200

Como aerogenerador se ha elegido el aerogenerador ENAIR 200 cuya potencia máxima es de 20KW. Lo bueno de esta turbina es que la velocidad del viento necesaria para que empiece a producir energía es de 1,85m/s, la cual es muy baja y permite que, aun estando en la época del año en la que la velocidad del viento es menor, producir algo de energía eléctrica. Además, es necesario un aerogenerador con una gran área de barrido, como este, para poder captar la mayor cantidad de viento posible.

La grafica de potencia del aerogenerador ENAIR 200 es la siguiente:

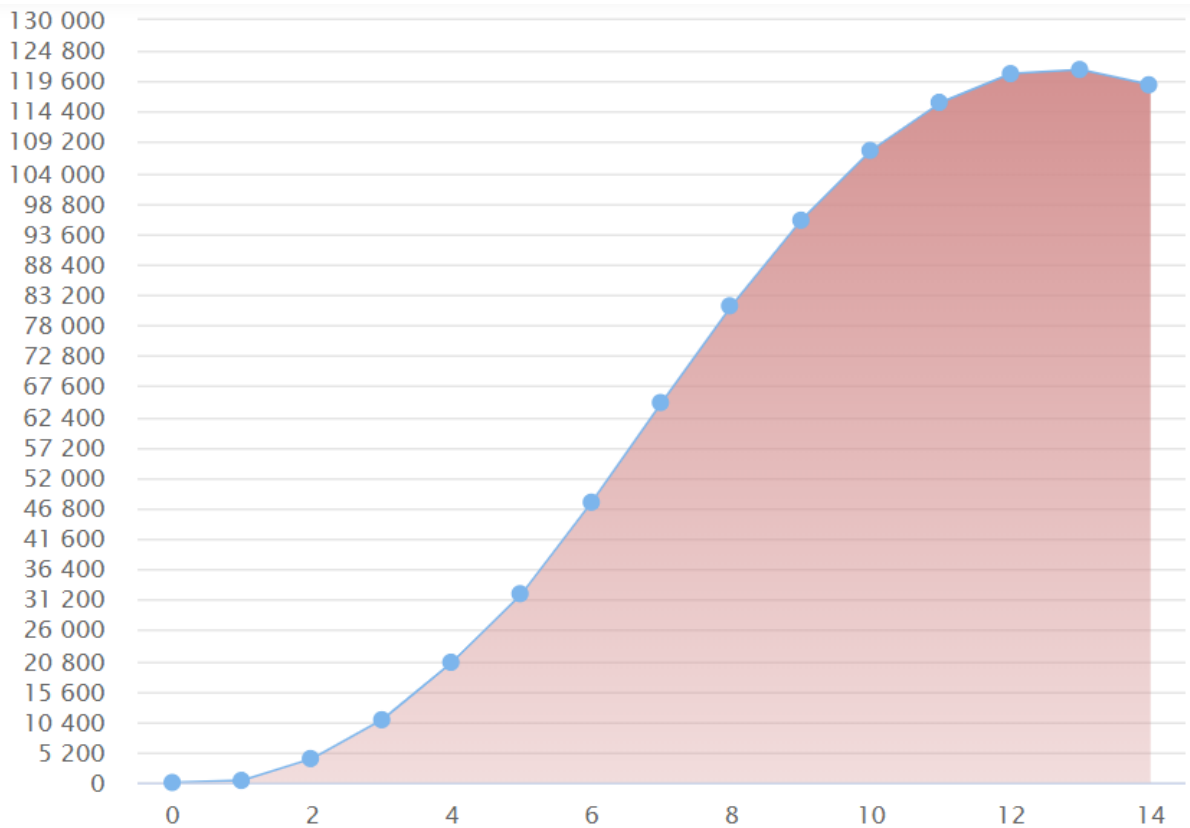


Img.51. Gráfica de potencia (W) y coeficiente de potencia del aerogenerador ENAIR 200 según la velocidad del viento (m/s).

En la gráfica anterior, aparte de mostrar la potencia en W que es capaz de convertir en electricidad el aerogenerador (línea azul), también muestra el coeficiente de potencia dependiendo de la velocidad del viento (Línea gris), la cual, los valores máximos se corresponden con vientos de entre 3 y 8 m/s. Y teniendo en cuenta que la velocidad del viento a la que va a trabajar en el orfanato es entre 2 y 5 m/s, cumple muy bien con la exigencia de tener la máxima eficiencia posible. A pesar de ello, la potencia que desarrolla entre los 2 y 5 m/s de velocidad del viento es tan solo de entre 80 y 2800 W, la cual se aleja de la potencia máxima de 13 kW que consumiría el orfanato en caso de que todo estuviese conectado. Sin embargo, con la implantación de unas baterías que se cargasen

cuando menos consumo halla, se conseguiría aumentar en gran medida la potencia desarrollada en el momento en el que se necesite, lo cual se estudiará más adelante.

La gráfica de producción diaria es la siguiente:



Img.52. Gráfica de la producción diaria (Wh) del aerogenerador ENAIR 200 según la velocidad del viento(m/s).

En el intervalo de velocidades en el que va a trabajar, la gráfica muestra que la producción diaria será de entre 4,08 y 32,2 kWh, la cual en su valor máximo se acerca bastante al valor máximo de consumo diario del orfanato. Lo cual significa que no sería capaz de suplir todo el consumo, pero si de generar más de la mitad de éste, lo que significaría una gran ayuda para Lucy y Samuel, y a su vez para los niños. Además, el circuito eléctrico se puede combinar con otras fuentes de energía, tales como paneles solares, que sumando ambas generaciones si se conseguiría suplir todo el consumo del orfanato, sin embargo este caso no se va a tener en cuenta en este proyecto.

Para más información sobre el aerogenerador consultar el Anexo 1("Aerogenerador ENAIR 200").

Dado que en el Kit del aerogenerador ya vendrían incluidos elementos eléctricos, tales como el inversor principal y el convertidor, únicamente haría falta calcular el tipo y número de baterías necesarias, así como el inversor necesario para conectar las baterías al circuito.

### 3.4 Baterías

Para poder seleccionar la batería más adecuada para la instalación es necesario calcular la capacidad que se requiere, la cual es la cantidad de energía que se puede almacenar. La capacidad se calcula con la siguiente formula:

$$C = \frac{Nd \cdot Et}{Pd \cdot Vg}$$

Donde:

- C = Capacidad.
- Nd = Número de días de autonomía, los cuales suelen ser de 2 a 5 días, y para esta instalación se ha elegido un valor de 4 días.
- Et = Consumo.
- Vg = voltaje.
- Pd = Profundidad de descarga, la cual es dada por el fabricante y en la gran mayoría de los casos es de 0'8.

$$C = \frac{4 \cdot 42100}{0'8 \cdot 48} = 4.385,42Ah$$

De tal forma que la capacidad total de la batería será como mínimo de 4385,42 Ah, y el voltaje de ésta tiene que ser de 48V.

En primer lugar, se buscará entre las baterías estacionarias, ya que estas tienen un tamaño menor y una vida útil más larga, a su vez, pueden permanecer un largo periodo de tiempo cargadas y pueden soportar descargas profundas de hasta el 80% de su capacidad.

Se ha seleccionado la batería estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600. Como el voltaje nominal de la batería es de 48V, es necesario que todas las baterías que se utilicen estén en paralelo. De tal forma que el número de baterías necesarias es el siguiente.

$$\frac{4.385,42Ah}{600Ah} = 7,31$$

Por lo que, con 8 baterías del modelo anterior son suficientes para cubrir la capacidad total que se necesitaba. Estas 8 baterías se conectarán todas en paralelo para, como ya se ha comentado antes, conseguir los 48V de tensión deseados y los 4.385Ah que se necesitan.

Para más información sobre la batería estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600 consultar el anexo 2 ("batería Estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600").

## 3.5 Inversor

Para poder instalar las baterías previamente nombradas es necesario introducir un elemento como el inversor que sea capaz de cambiar de corriente alterna a continua y viceversa, además de cambiar el voltaje de 500 voltios a 48 voltios.

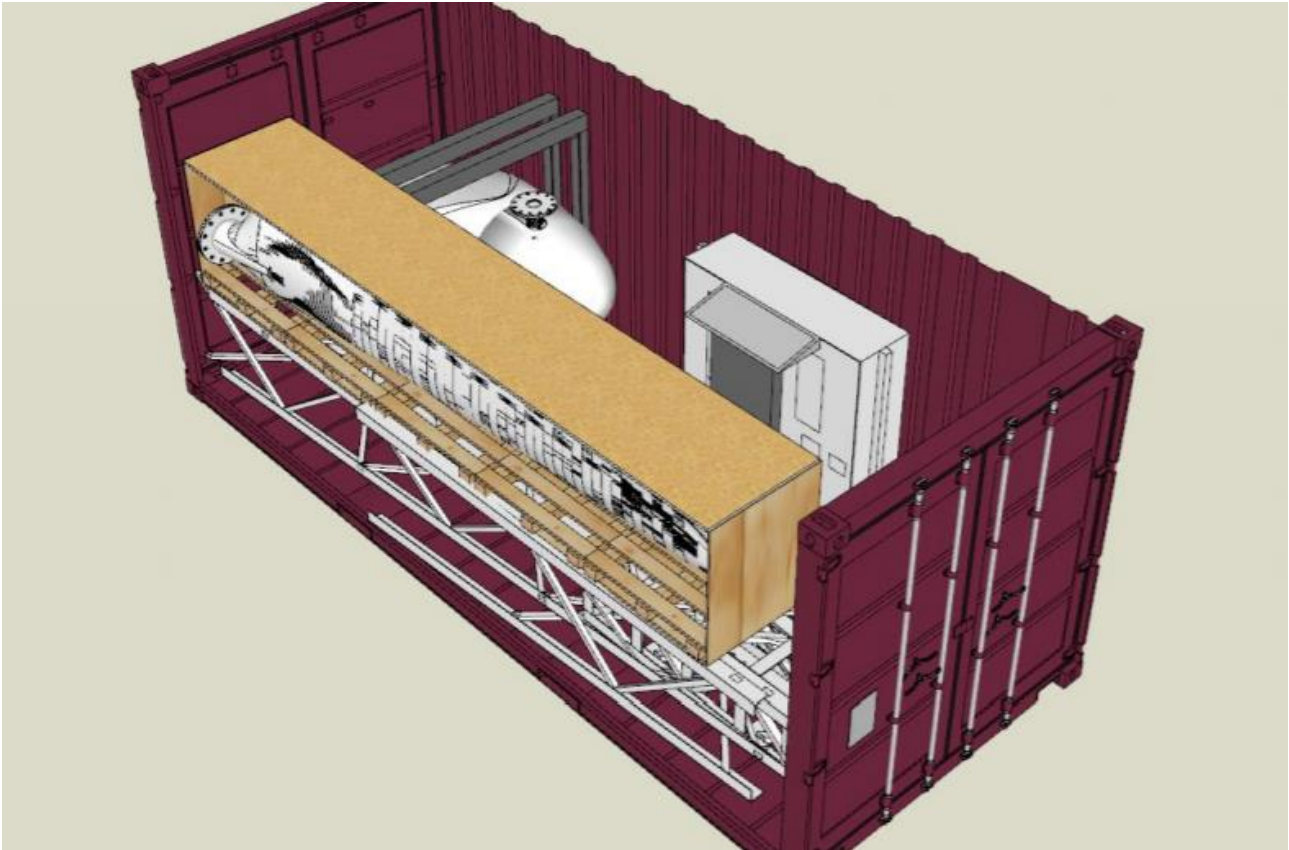
En esta instalación se requieren 3 inversores, uno para cada fase de la corriente trifásica, por ello es necesario que cada inversor pueda soportar como mínimo un tercio de la potencia máxima del aerogenerador. Es decir, cada inversor tiene que soportar por lo menos  $20\text{KW}/3$ ,  $6,67\text{KW}$ .

El inversor elegido es el Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V, cuyo voltaje de entrada máximo en alterna es de 500V y voltaje de salida es de 48V, y además la potencia máxima a la que puede trabajar es de 10KW, por lo que cumple con todas las exigencias de la instalación.

Para más información sobre el inversor Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V consultar anexo 3 ("Inversor Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V").

## 3.6 Transporte

En primer lugar, la empresa de ENAIR, constructora del aerogenerador, empaqueta éste desmontado en un contenedor de 20 pies.



*Img.53. Contenedor para el transporte del aerogenerador.*

En el contenedor en el que iría colocado el aerogenerador también se pueden introducir las 8 baterías y los 3 inversores, de tal forma que todos los elementos necesarios para la instalación se transportarían en el mismo contenedor abaratando los costes de logística.

La fábrica de ENAIR en la que se fabrica el aerogenerador se encuentra en Alicante. Esta empresa no se hace cargo del transporte en ningún caso, por lo que en primer lugar hay que contratar una a una empresa de transportes que realice el traslado del aerogenerador desde la fábrica hasta el puerto de Valencia. A continuación, desde el puerto de Valencia, el contenedor viajará en un barco mercante hasta el puerto de Mombasa, ya en Kenia. Y, para terminar, otra empresa de logística de Kenia se encargará del transporte desde Mombasa hasta Molo.

## 4. ESTUDIO ECONÓMICO

---

Con el fin de determinar el coste total del proyecto se realizará un estudio del coste del ciclo de vida de toda la instalación. Este estudio es de gran importancia, ya que la mayor parte de los costes se esconden por debajo de la "superficie".

El coste del ciclo de vida consiste en el coste total de la vida útil de cualquier equipo o instalación, incluyendo su compra, instalación, mantenimiento, funcionamiento y retirada del equipo. Con el fin de determinar este coste hay que seguir una metodología que identifique y cuantifique todas las variables que influyen en la cantidad total.

La ecuación que determinará ese coste total es la siguiente:

$$CCV = C_{ic} + C_{in} + C_t + C_m + C_d + C_s$$

Donde:

- CCV = Coste del Ciclo de Vida.
- $C_{ic}$  = Coste inicial o coste de compras.
- $C_{in}$  = Coste de instalación y puesta en marcha.
- $C_t$  = Coste de transporte.
- $C_m$  = Coste de mantenimiento.
- $C_d$  = Coste de retirada o cierre definitivo.
- $C_s$  = Coste de equipos de seguridad.

## 4.1 Coste inicial

El coste inicial incluye los gastos de compra de todos los equipos o elementos que se van a instalar. Los cuales son los siguientes:

EQUIPO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO (€)	COSTE TOTAL (€)
Aerogenerador	1	58.750,00	58.750,00
Baterías	8	2.769,69	22.157,52
Inversores	3	899,00	2.697,00

De tal forma que el coste inicial total es de **83.604,52€**.



## 4.2 Coste de instalación

En este apartado se calculará el coste de los diferentes pasos que se requieren para llevar a cabo la instalación.

- El primer paso, es el de realizar un agujero de 3x3x3, para lo cual se requiere de una excavadora y un operario por un tiempo de 4h.
  - o Alquilar la excavadora cuesta 180,00€ al día, y el mínimo periodo de tiempo que se puede alquilar es ese.
  - o Y el conductor de la excavadora cuesta 6€ la hora, por lo que en 4h costará un total de 24,00€.

Precio total del primer paso es de 204,00€.

- A continuación, hay que colocar el primer tramo de torre y verter el hormigón. Esta tarea requiere de una grúa, un conductor de la grúa y un técnico por un periodo de 8h, además de por lo menos 27m<sup>3</sup> de hormigón.
  - o El alquiler de un camión grúa son 620,00€.
  - o El conductor de la grúa son 6€ por hora trabajada, por lo que en total son 48€.
  - o El técnico son 10€ por hora trabajada, por lo que en total son 80€.
  - o Por último, El precio del metro cúbico de hormigón armado es de 70€, y comprándose 30m<sup>3</sup> serían un total de 2.100,00€.

Precio total del segundo paso es de 2.848,00€.

- Después de que se seque el hormigón, hay que montar el resto de la torre, para lo cual se necesita una grúa, el conductor y dos técnicos durante 4h.
  - o El alquiler del camión grúa son 620,00€.
  - o El operario de la grúa son en total 24€.
  - o Y los técnicos son en total 80€.

Precio total del tercer paso es de 688,00€.

- A continuación, hay que montar las palas sobre su estructura de embalaje. Para esta tarea se necesita exactamente lo mismo que en la anterior. Por lo que el precio total del cuarto paso es mismo que el del tercero, que son 688,00€.
- Para acabar con la instalación de la parte mecánica hay que colocar la góndola con las palas ya montadas a lo alto de la torre. Esta tarea requiere de un camión grúa, otro camión grúa de elevación de personas, los dos operarios de las grúas y dos técnicos por un periodo de 4h.
  - o Alquiler de dos grúas: 1.240,00€.
  - o 2 operarios de grúa a 6h la hora: 48€.
  - o 2 técnicos a 10€ la hora: 80€.

Precio total del quinto paso es de 1.368,00€.

- Por último, para la instalación eléctrica, únicamente se necesitan 2 técnicos por un periodo de 16h. De tal forma que a 10€ la hora, el coste total de este último paso es de 320,00€.

Finalmente, el precio total de la instalación es de **6.116,00€**.

## 4.3 Coste de transporte

En primer lugar, hay que transportar todos los equipos y elementos de la instalación desde la fábrica del aerogenerador hasta el puerto de Valencia. Las baterías e inversores cuentan con un servicio de transporte gratuito dentro de España, por lo que serán enviadas a la fábrica de ENAIR para que sean introducidas en el mismo contenedor que en el aerogenerador.

La fábrica de ENAIR se encuentra en un pueblo de Alicante llamado Castalla, desde el cual hay 150 km de distancia por carretera hasta el puerto de Valencia. La empresa de transportes que transporta el contenedor desde la fábrica hasta Valencia cobra 1€ por km recorrido, pero el camión sale del puerto de Valencia, por lo que la distancia total será de 300km que a 1€ el km son 300,00€.

Una vez en el puerto de Valencia, un barco mercante transportará el contenedor hasta el puerto de Mombasa, ya en Kenia. Este trayecto dura 30 días y tiene un precio total de 661,10€.

Por último, desde el puerto de Mombasa otro camión recogerá el contenedor y lo llevará a molo. Este trayecto tiene una distancia de 693km. En este traslado ocurre lo mismo que en España, la empresa de transportes cobra 1€ por km, y el camión tiene que acabar otra vez en el puerto de Mombasa, por lo que la distancia total serán 1386km, que a 1€ el km son 1386,00€.

El coste total del transporte es de **2.347,00€**.

## 4.4 Coste de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento de todos los equipos realizarán una vez al año. Durante el periodo de mantenimiento, que durará 4 días, el aerogenerador deberá estar en parada de emergencia con el fin de mantener la seguridad de los operarios. En estos 4 días, 2 técnicos realizarán todas las tareas de mantenimiento expuestas en el pliego de condiciones. Al día trabajarán 8h, que en 4 días hacen un total de 32h cada uno. A 10€ la hora que cobra cada técnico, en total supondrá un gasto de 640,00€ al año.

La vida útil de la instalación es de 25 años, por lo que, en total, el coste será de 16.000,00€.

A su vez, hay que tener en cuenta que muchos de los componentes se averiarán en algún momento y hay que tenerlo en cuenta a la hora de calcular gastos. Suponiendo, con un margen bastante alto, que se averían el 50% de los elementos de la instalación a lo largo de los 25 años de vida útil. Por lo que habrá que reponer las siguientes cantidades de los siguientes equipos.

- 4 baterías Estacionarias 600Ah 48V Ultracell UZS600 con un precio total de 11.076,00€.
- 2 inversores Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V con un precio total de 1.798,00€.
- Y para posibles averías en el aerogenerador se supondrá un gasto del 50% de su valor original, lo cual son 29.375,00€

El total de gastos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la instalación es de **58.249,00€**.

## 4.5 Coste de equipos de seguridad

En el coste de seguridad se incluyen los gastos en equipos de seguridad de los trabajadores de la instalación. Este equipo incluye:

- 4 chalecos reflectantes para buena visualización de cada uno de los trabajadores.
- 4 cascos de obra para proteger la parte mas vulnerable del cuerpo humano.
- 2 arneses de sujeción para los técnicos que estén trabajando sobre la grúa elevadora para la instalación de la góndola en la torre.
- 4 pares de guantes para cada uno de los operarios.

EQUIPO	UNIDADES	PRECIO UNIDAD	COSTE TOTAL
Chaleco reflectante	4	7,99€	31,96€
Casco	4	29,95€	119,80€
Arneses	2	77,50€	155,00€
Guantes	4	8,49€	33,96€

El coste total de los equipos de seguridad es de: **340,72€**.

## 4.6 Coste de la retirada de los equipos

Para la retirada de los equipos se requiere de un camión grúa, otro camión grúa de elevación, 2 técnicos y dos operarios de grúa durante un periodo de 2 días.

- 2 grúas durante 2 días son un total de 2,480,00€.
- Los 2 operarios de las grúas, a un precio de 6€ la hora por un total de 16h son 192,00€.
- Los 2 técnicos a un precio de 10€ la hora por un total de 16h son 320,00€.

El coste total de la retirada de los equipos instalados al final de su vida útil es de **2.992,00€**.

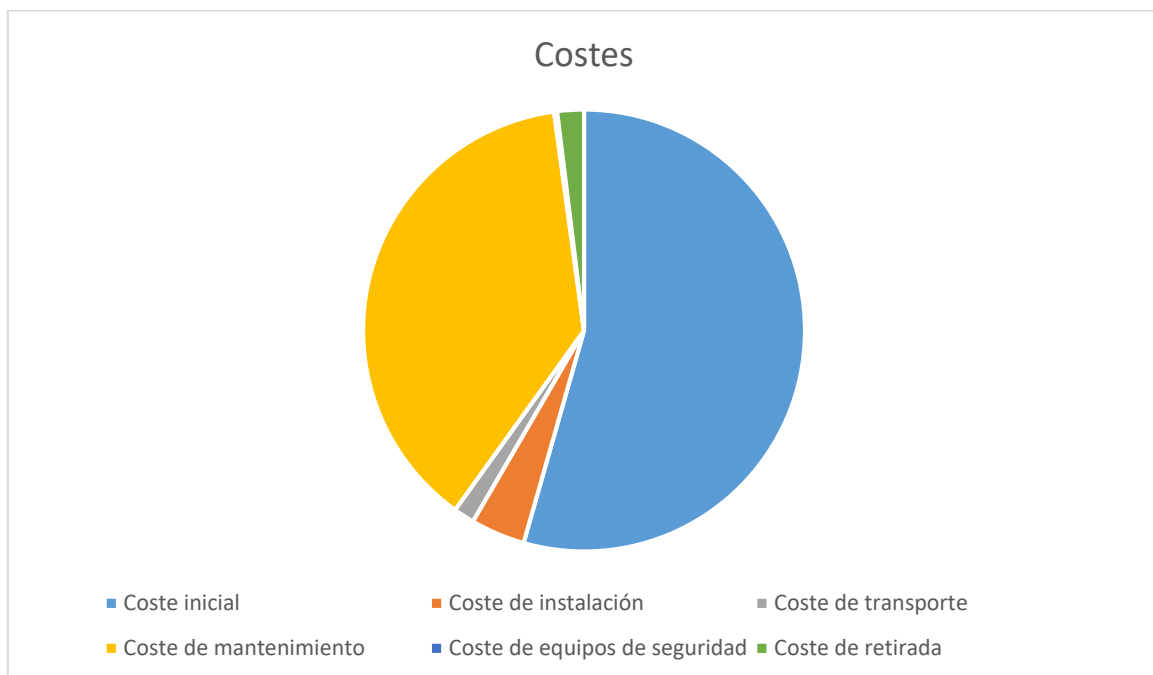
## 4.7 Coste total del ciclo de vida

Una vez calculados todos los valores de los diferentes costes de la instalación, se procederá a calcular el valor final.

VARIABLE	COSTE
$C_{ic}$	83.604,52€
$C_{in}$	6.116,00€
$C_t$	2.347,00€
$C_m$	58.249,00€
$C_s$	340,72€
$C_d$	2.992,00€

$$CCV = C_{ic} + C_{in} + C_t + C_m + C_d + C_s$$

$$CCV = 83.604,52€ + 6.116,00€ + 2.347,00€ + 58.249,00€ + 2.992,00€ + 340,72€ = 153.646,24€$$



El coste total del ciclo de vida de la instalación es **153.646,24€**.

## 5. PLANOS

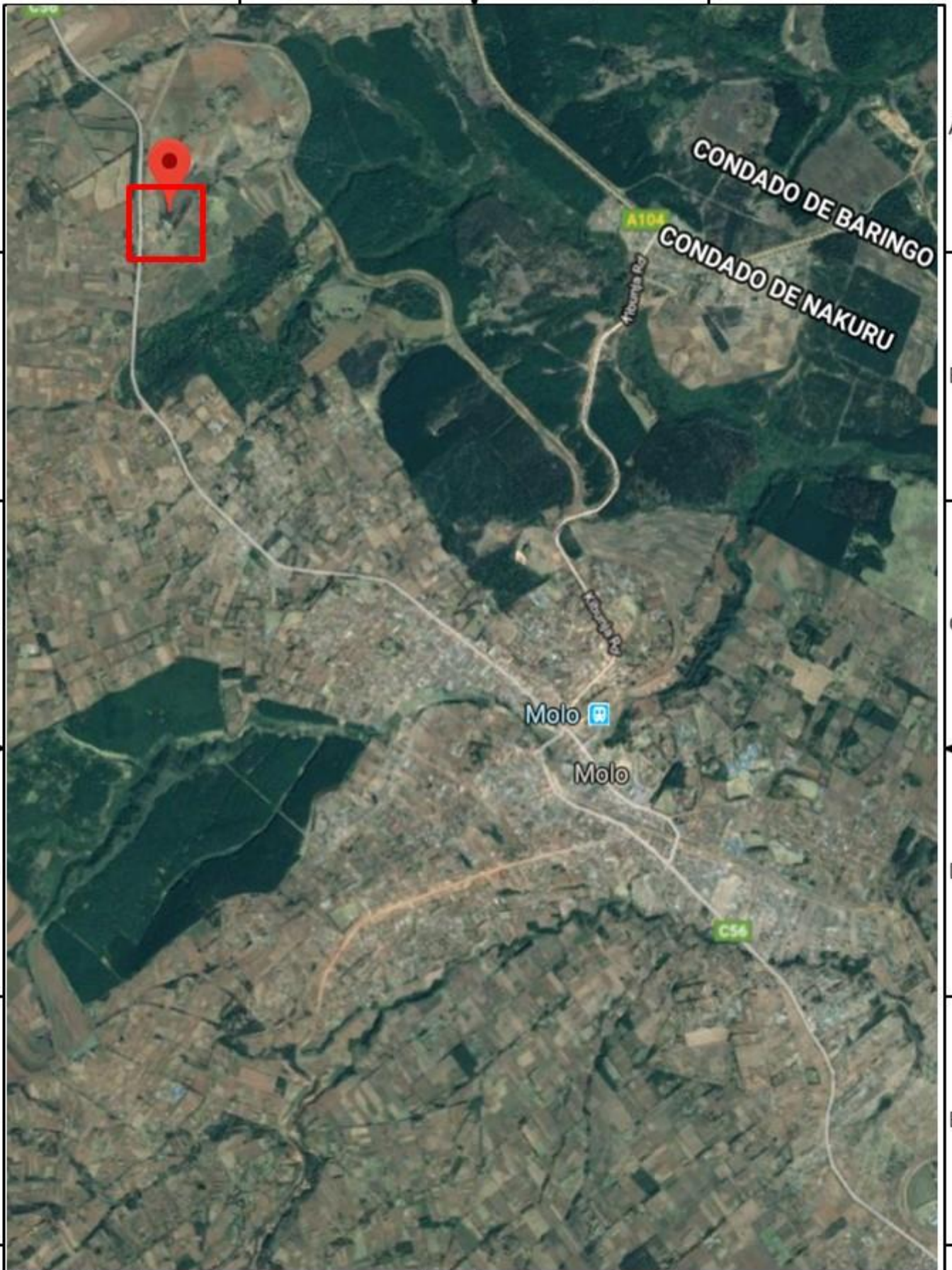
---



### 5.1 Índice de planos

- A400: Localización del orfanato.
- A401: Emplazamiento del orfanato.
- A402: Emplazamiento del aerogenerador dentro del orfanato.
- A403: Emplazamiento de las baterías dentro del orfanato.
- A404: Esquema unifilar del sistema eléctrico.







MATERIAL	-		Proyecto de fin de grado
TOLERANCIA	-		
	NOMBRE	FECHA	Localización del orfanato
DIBUJADO	Cesáreo Martín-Sanz	25/08/19	
COMPROBADO	Íñigo Sanz Fernández	27/08/19	
ESCALA: 1:40.000	FIRMA: 	I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA: A400







MATERIAL	-	 	Proyecto de fin de grado		
TOLERANCIA	-		<b>Emplazamiento del orfanato</b>		
	NOMBRE	FECHA			
DIBUJADO	Cesáreo Martín-Sanz	25/08/19			
COMPROBADO	Iñigo Sanz Fernández	27/08/19			
ESCALA: 1:1.700	FIRMA: 	<b>I.C.A.I.</b>		Nº DE LÁMINA: <b>A401</b>	

SOLID EDGE A/C COPY







MATERIAL	-		Proyecto de fin de grado
TOLERANCIA	-		
	NOMBRE	FECHA	<b>Emplazamiento del aerogenerador dentro del orfanato</b>
DIBUJADO	Cesáreo Martín-Sanz	25/08/19	
COMPROBADO	Íñigo Sanz Fernández	27/08/19	
ESCALA: 1:1.700	FIRMA: 	<b>I.C.A.I.</b>	Nº DE LÁMINA: A402





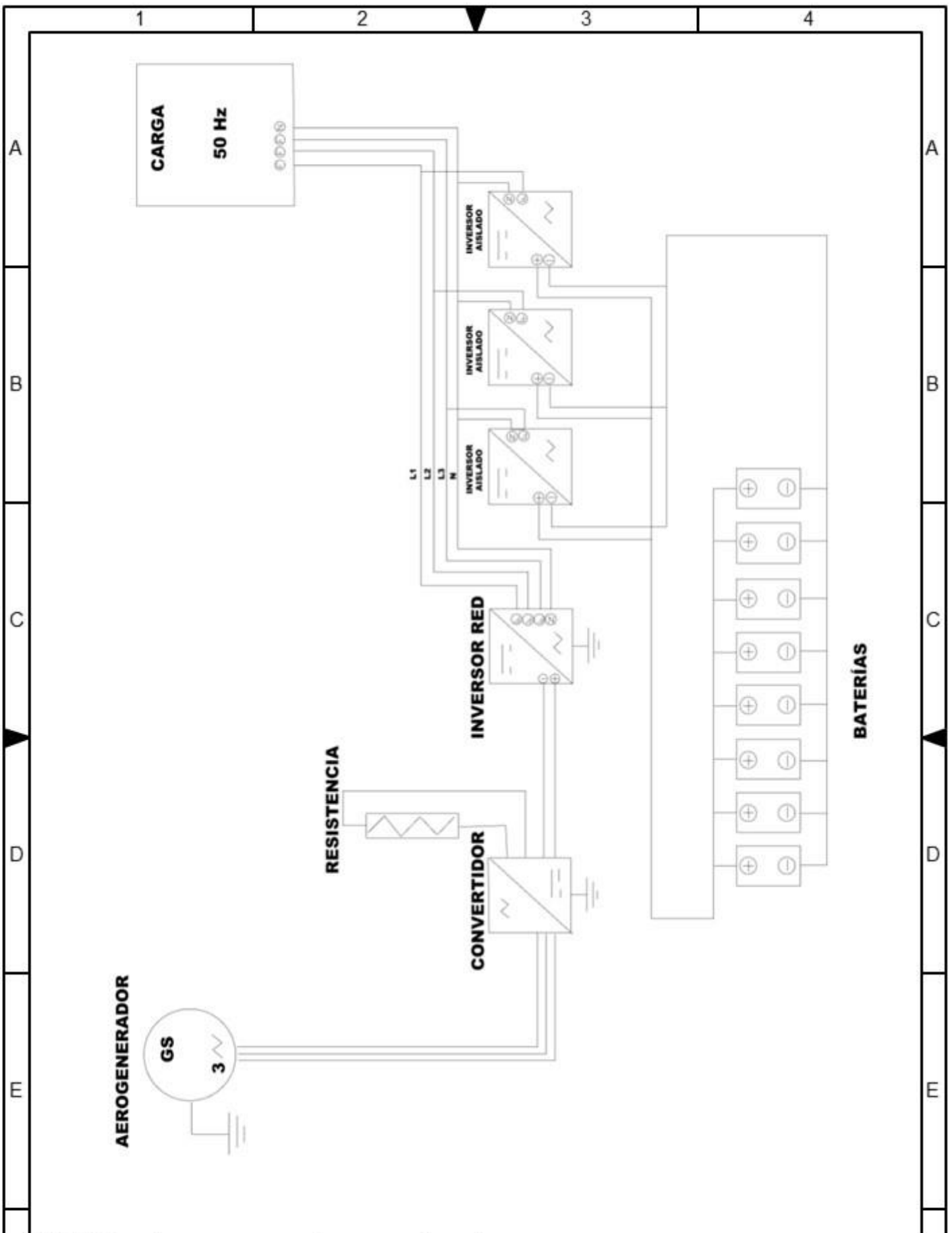


MATERIAL		-		Proyecto de fin de grado			
TOLERANCIA		-		Emplazamiento de las baterías dentro del orfanato			
		NOMBRE	FECHA	<b>I.C.A.I.</b>			
DIBUJADO		Cesáreo Martín-Sanz	25/08/19			Nº DE LÁMINA:	
COMPROBADO		Íñigo Sanz Fernández	27/08/19			A403	
ESCALA:		FIRMA:					
1:1.700							

SOFT COPY







MATERIAL	-		Proyecto de fin de grado	
TOLERANCIA	-		Esquema unifilar del sistema eléctrico	
F	DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	
	COMPROBADO	Cesáreo Martín-Sanz	25/08/19	
	ESCALA:	FIRMA:	I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA:
				A404



## 6. PLIEGO DE CONDICIONES

---

### 6.1 Objetivo del pliego de condiciones

Con el pliego de condiciones lo que se pretende conseguir es el correcto funcionamiento de la instalación, así como garantizar la seguridad de las personas encargadas de instalarla, de las personas encargadas del mantenimiento y de aquellas que durante su funcionamiento se encuentren cerca de la instalación.

De tal forma que este capítulo englobará las regulaciones legales y técnicas de los materiales y de la instalación, asegurando así la seguridad tanto de los operarios como de los usuarios.

## 6.2 Requisitos legales generales

En primer lugar, para garantizar la seguridad de todas las personas involucradas en proyecto se deberá cumplir todas las especificaciones referentes al marco legal. Debido a que todos los materiales se van a importar desde España, se ha preferido tener en cuenta la normativa europea, y puesto que esta normativa es mucho más estricta que la normativa en África se consigue un mayor grado de seguridad. La normativa europea para una instalación eólica recoge una serie de pautas, las cuales son las siguientes:

- Legislación Europea directiva 2009/28/CE: La cual hace referencia al conjunto de las energías renovables a través de una serie de artículos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

## 6.3 Especificaciones de los componentes

Además de la normativa general para instalaciones eléctricas e instalaciones de energía eólica, a de tenerse en cuenta los requisitos de funcionamiento y de estado de los diferentes equipos presentes en la instalación. Para ello, se tendrá en cuenta las especificaciones de los fabricantes de cada uno de los componentes.

### 6.3.1 El aerogenerador

- En primer lugar, solo personal cualificado debe instalar o manipular el aerogenerador ENAIR 200.
- En el momento en que se necesite acceder al rotor, el aerogenerador debe de estar en parada de emergencia.
- Se debe comprobar que la torre esté conectada a tierra, y que esta cumpla los requerimientos del manual.
- La instalación del aerogenerador no puede llevarse a cabo con vientos superiores a 5 m/s.
- Se requiere que las grúas y eslingas usadas durante la instalación del aerogenerador estén en perfecto estado.
- Queda terminantemente prohibido acceder al rotor mientras la turbina esté en funcionamiento.
- Todo trabajo eléctrico debe de ser realizado por personal cualificado.
- Ni los inversores ni la resistencia ni el convertidor pueden tocarse mientras estén en funcionamiento debido a las altas temperaturas a las que pueden estar.
- El convertidor debe de estar conectado a tierra con el fin de asegurar la protección frente a cualquier contacto indirecto.
- El aerogenerador ENAIR 200 sigue la norma IEC61400-2, Aerogeneradores. Parte 2: Aerogeneradores pequeños. Requisitos de diseño para mini aerogeneradores. Además del Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero DS/ENV1993-1-1.

### 6.3.2 Los inversores

- Todos los inversores deben de seguir las siguientes directrices de la unión europea:
  - Compatibilidad Electromagnética 2014/30UE(29/3/2014 L96/79- 106)(CEM).
  - Baja Tensión 2014/35/UE (29/3/2014 L96/357-374)(DBT).
  - Equipos de radio 2014/53/UE (22/5/2014 L153/62)(DER)
- Los inversores no deben de ser desmontados. Si se estropea alguno debe de ser llevado a un centro especializado.
- Durante el periodo de mantenimiento deben estar todos los cables desconectados para evitar una posible descarga eléctrica.
- Solo personal cualificado puede instalar los inversores.
- Los inversores deben de tener una toma de tierra constante con el fin de evitar cualquier contacto indirecto.

### 6.3.3 Las baterías

- Las baterías deben de llegar a su máximo nivel de carga cada cierto tiempo para asegurar una mayor durabilidad de éstas.
- Tampoco debe de agotarse en ningún momento la carga de batería al máximo.
- Se recomienda que la profundidad de descarga de las baterías oscile en todo momento entre el 10 y el 80%.
- Las baterías deben de ser situadas en un lugar con ventilación y protegidas de la luz directa del sol, así como de temperaturas extremas.

## 6.4 Instalación de los equipos

Las instalaciones eólicas están constituidas por una gran cantidad de componentes, los cuales, cada uno de ellos son bastante caros, de ahí su importancia de realizar una correcta instalación de todos los equipos.

### 6.4.1 Instalación del aerogenerador

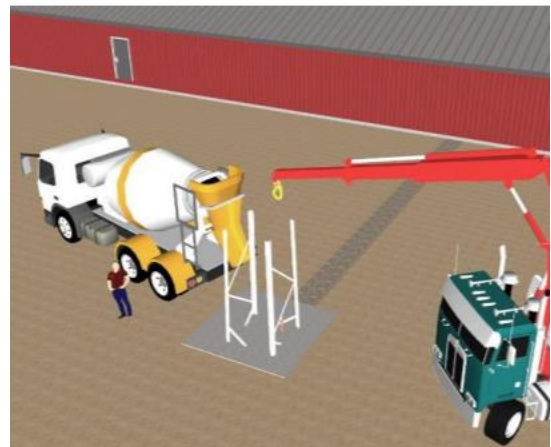
La instalación del aerogenerador se lleva a cabo por medio de una serie de pasos.

1. Excavar el agujero de la cimentación. El agujero debe de ser como mínimo de 3x3x3 metros. Este trabajo únicamente necesita una excavadora y un técnico instalador de supervisión.



Img.54. Excavación del agujero de la cimentación.

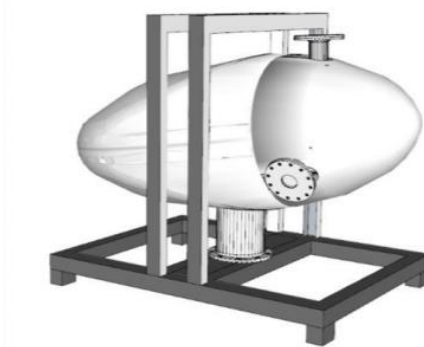
2. Colocar el primer tramo de la torre. Una vez hecho el agujero hay que colocar el tubo de cableado y el primer tramo de la torre para poder echar el hormigón. Son necesarios 27 m<sup>3</sup> de hormigón como mínimo y se recomienda usar un hormigón mínimamente armado para asegurar bien la estabilidad de la torre. Este proceso requiere de una pequeña grúa para colocar la torre y de un técnico instalador de supervisión.
3. Dejar fraguar la cimentación. Dependiendo del tipo de hormigón elegido, este tiempo de espera puede variar de 48h a 2 semanas.



Img.55. Colocación del primer tramo de torre.

4. Montar el resto de la torre. Una vez que el hormigón se ha secado se procederá al ensamblaje de lo que faltaba por montar de la torre.

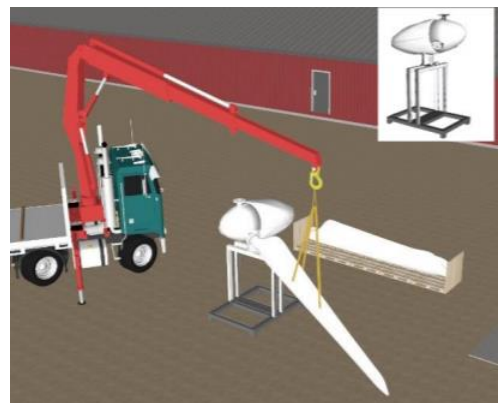
- Desembalaje. El embalaje de la góndola está diseñado para poder colocar la góndola sobre éste a la hora de ensamblar las palas y facilitar así el proceso.



Img.55. Ensamblaje de la góndola.

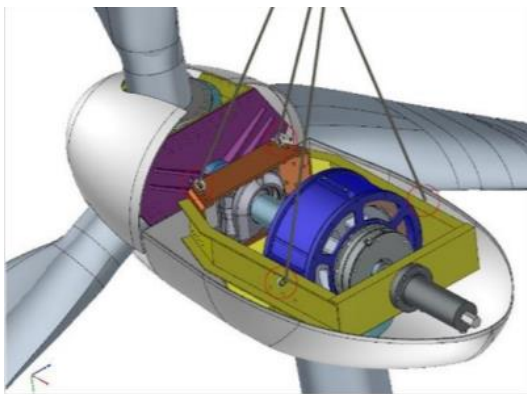
- Montar las palas apoyando la góndola sobre su embalaje. Después de colocar la góndola sobre su embalaje, se colocan y ensamblan las palas a ella, empezando por las 2 de debajo y terminando por la de encima. Para ello se necesita una grúa y dos personas.

A la hora de colocar las palas, estas solo tienen una posición posible. Con el fin de evitar errores hay un taladro más ancho que el resto, el cual encaja en la corona de paso variable de forma que solo hay una posición de instalación.

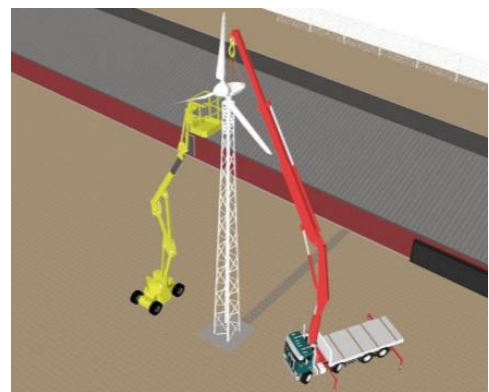


Img.56. Instalación de las palas en la góndola.

- Elevar el aerogenerador y atornillar la torre. Una vez las palas estén correctamente unidas a la góndola, se debe retirar la carcasa superior de ésta para poder fijar las argollas que tiene en su interior a la grúa que elevará toda la estructura. Cuando la grúa coloque la góndola en su posición, uno o dos operarios deben ser elevados por una plataforma elevadora con el fin de poder anclar la góndola a la torre y conectar el cableado eléctrico.



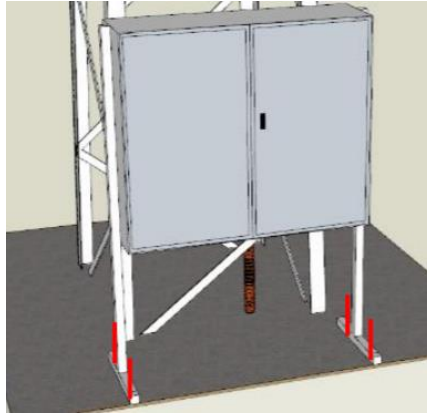
Img.57. Anclaje de la góndola a la grúa.



Img.58. Unión de la torre y la góndola.



8. Instalación del cuadro eléctrico. El cuadro eléctrico debe colocarse encima de la cimentación, atornillando su estructura directamente sobre el hormigón.



Img.59. Instalación del cuadro eléctrico.

9. Instalación eléctrica. De la instalación sales 3 mangueras de cables:

- a. Manguera de potencia. Esta manguera no tiene conector final, y se identifica porque es la más ancha y va marcada con U2, V2 y W2.



Img.60. Manguera de potencia.



Img.61. Conector "Auxiliary Power".

- b. Manguera de alimentación. La manguera de alimentación va conectada al conector marcado como "Auxiliary Power".

- c. Manguera de señales. Esta manguera de señales va al conector marcado como "Signals". La manguera de señales tiene que ir lo mas alejado posible de las otras dos, de tal forma que tendrá que ser instalada por un sitio diferente de la torre del de las otras dos mangueras.



Img.62. Conector "Signals".

Aparte de estas 3 mangueras, la torre tiene conexión a tierra, de tal forma que la torre y las conexiones internas del cuadro deberán ir conectadas a una pica de toma de tierra de unos dos metros

#### 6.4.2 Instalación de las baterías

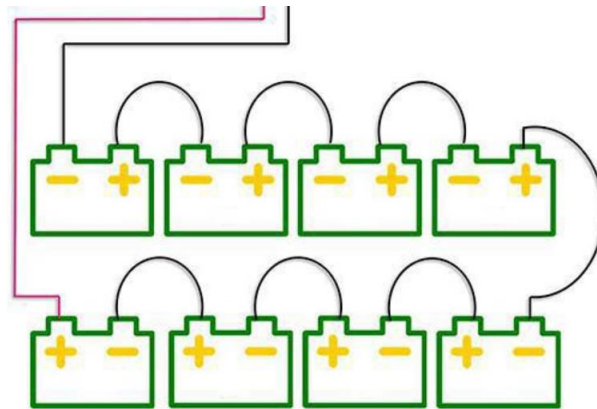
Con el fin de llevar a cabo la instalación de las baterías hay que tener en cuenta que se debe disponer de un lugar cerrado que cumpla con las siguientes características:

- Debe proteger a las baterías de cualquier situación meteorológica, así como de la exposición directa a la luz del sol.
- Debe de estar térmicamente aislado para evitar temperaturas extremas tanto de calor como de frío.

- El lugar debe de ser lo más seco posible y estar ventilado para evitar la acumulación de gases tóxicos que puedan generar los componentes químicos de las baterías.
- Debe de estar en un lugar de fácil acceso con el fin de facilitar tanto la instalación como el mantenimiento.
- Y, por último, debe de estar aislado del suelo para evitar pérdidas por conducción.

En cuanto a su posición, deben de colocarse lo más cerca posible del cuadro eléctrico del aerogenerador y de los inversores a los que estarán conectados.

Cada batería consta de 8 baterías de 6V cada una, las cuales van conectadas en serie de la siguiente manera:



Img.63. Conexión de las baterías en serie.

### 6.4.3 Instalación de los inversores

Los inversores, al ser elementos electrónicos, es preferible que se encuentren en un lugar aislado de las condiciones meteorológicas. Además, tienen que estar colocados lo más cerca posible tanto de las baterías como del cuadro eléctrico del aerogenerador.

Por estas razones, los inversores irán en el mismo lugar que las baterías, ya que estas requieren de un lugar con mayores restricciones, y así los inversores estarán perfectamente protegidos.

## 6.5 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento consiste en definir las acciones que hay que llevar a cabo durante el periodo de tiempo de vida útil de la instalación con el objetivo de que esté funcione correctamente. Dentro del plan de mantenimiento existen el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

- Mantenimiento preventivo: éste consiste en llevar a cabo una serie de acciones para que ningún componente de la instalación se deteriore y haga que ésta deje de funcionar. Para lo cual se llevarán a cabo por parte de un técnico cualificado cada año las siguientes acciones:
  - o Verificación del correcto funcionamiento de todos los equipos presentes.
  - o Revisar en busca de posibles daños en los circuitos eléctricos y elementos mecánicos del sistema.
  - o Revisar baterías, inversores y cuadro eléctrico del generador.
  - o Revisar la torre en busca de oxidación.
  - o Comprobar que se cumplen con todas las medidas de seguridad y protección.
- Mantenimiento correctivo: es aquel que, en caso de avería, se encarga de reparar o sustituir las piezas o los equipos afectados. Por lo que dentro de este tipo de mantenimiento se llevaran a cabo las siguientes medidas:
  - o Visita por averías graves.
  - o Recambio de elementos que no funcionen debidamente.

### 6.5.1 Mantenimiento del aerogenerador

El aerogenerador, al ser un elemento mecánico en constante movimiento requiere de un mantenimiento más complejo que el resto de los componentes.

En primer lugar, de 30 a 60 días después de la instalación hay que realizar una revisión y reapriete de los tornillos de las palas, del eje de giro, de la central hidráulica y de la torre. A su vez, después del mismo periodo de tiempo o después de una tormenta fuerte hay que realizar una inspección visual de todos los elementos que componen el molino y un chequeo en busca de ruidos anómalas y de vibraciones.

Además de estas acciones que se realizan poco tiempo después de haberse instalado el aerogenerador, hay que llevar a cabo las siguientes tareas cada 12 meses:

- Comprobación del estado de las palas, prestando especial atención al borde de ataque. En caso de encontrar grandes desperfectos en su superficie será necesario cambiar el conjunto de las 3 palas. Sin embargo, si se encuentra alguna grieta o desperfecto superficial bastará con masillar y pintar.
- Reapriete de tornillos. En cada revisión anual ha de verificarse que todos los tornillos están correctamente apretados. Para ello, será necesario quitar el cono del aerogenerador para poder revisar los tornillos internos.

- Engrasado del rodamiento central y coronas del paso variable y giro. Cada corona consta de varios puntos de engrase, y habrá que engrasarlos todos para garantizar su correcto funcionamiento.
- Engrasado del conjunto de paso variable, actuador y finales de carrera. Para esta tarea no es necesario desmontar las palas, se realizará a través de los espacios de unión entre las mismas.
- Revisión de la central hidráulica, de sus juntas, manguitos y nivel de aceite. Al revisar el nivel de aceite, éste debe de estar por lo menos a la segunda marca del indicador, sino habrá que rellenarlo.
- Comprobación de las conexiones eléctricas en la góndola y en la caja de conexiones.
- Reapriete de los tornillos de la torre.

Por último, a parte de estas acciones que se realizan anualmente, existen otras tareas a llevar a cabo cada 4 años, como son:

- Cambiar el aceite de la central hidráulica.
- Sustitución de los manguitos de la bomba hidráulica.

Para más detalles sobre el mantenimiento del aerogenerador consultar anexo 4 ("Mantenimiento del aerogenerador ENAIR 200").

### 6.5.2 Mantenimiento de las baterías

Las baterías realizan una función muy importante, de ahí que sea de vital importancia su buen funcionamiento. Por ello hay que seguir un mantenimiento muy exhaustivo.

- En primer lugar, hay que revisar si los tornillos están bien apretados, así como la limpieza de las baterías, que no haya fugas ni cortocircuitos.
- Además, hay que realizar una revisión del electrolito interno y en caso de que esté por debajo del mínimo marcado en la carcasa hay que rellenar con agua destilada.
- Comprobar que la ventilación funciona correctamente para evitar la acumulación de humedad.
- Y por último una comprobación del voltaje de la batería.

### 6.5.3 Mantenimiento de los inversores

Para asegurar el correcto funcionamiento del inversor durante su vida útil es necesario llevar a cabo las siguientes acciones:

- Comprobar periódicamente que las corrientes de salida y de entrada son las apropiadas.
- Comprobar las conexiones.
- Limpieza de los componentes electrónicos del inversor para evitar cortocircuitos o pérdidas.

## 6.6 Seguridad básica de la instalación

En cualquier tipo de obra, la seguridad debe de ser primordial, por ello, en la instalación de los equipos se establecerán una serie de normas o pautas con el objetivo de que nadie, ni trabajadores ni personas cercanas a la instalación, pueda sufrir ningún daño.

- En primer lugar, aunque no parezca importante y mucha gente se olvide de ello, la limpieza y el orden es algo que, aparte de facilitar y agilizar la instalación, previene muchos accidentes. Por ello se prestará mucha atención a estos dos factores.
- Como muchas de las tareas para la instalación del aerogenerador son en altura, el personal que se encargue de estas tareas deberá hacer uso de un arnés de seguridad, el cual estará anclado a un punto de la torre o de la grúa.
- Como se va a trabajar con maquinaria de elevación es necesario establecer una serie de normas durante su uso:
  - o Una norma básica en el uso de maquinaria de elevación es no pasar cargas por encima o cerca del resto de personas que estén en la obra.
  - o Mantenimiento y control diario de aparejos.
  - o Los equipos diseñados para la elevación de cargas no deben usarse para la elevación de personas.
  - o Tener cuidado con los tendidos eléctricos cercanos a la zona.
- Al poder usarse maquinaria de elevación, todo trabajo que suponga cargar peso deberá ser llevado a cabo por medio de estas máquinas, siempre y cuando sea posible.
- En caso de que no sea posible el punto anterior, y el peso lo tenga que cargar una persona, ésta debe de mantener una postura correcta, no levantar el peso por encima de los hombros y se debe empujar los pesos por delante con el fin de evitar lesiones personales.
- Respecto al uso de herramientas manuales también conviene establecer unas pautas.
  - o Selección de la herramienta correcta para el trabajo a realizar.
  - o Buen estado de las herramientas por medio de su mantenimiento.
  - o Uso correcto de las herramientas.
  - o Asignación personalizada de las herramientas siempre que sea posible.
- También se va a trabar con instalaciones eléctricas, lo cual supone un peligro más común, ya que las acciones que suponen un riesgo no son tan obvias.
  - o Asegurarse del buen estado de los aparatos eléctricos.
  - o No se debe reparar un fusible sin sustituirlo.
  - o Desconectar los equipos eléctricos en caso de fallo o anomalía.
  - o No apagar nunca con agua un fuego de origen eléctrico.
  - o En el momento en el que se conecte un aparato eléctrico por medio de alargaderas se comprobará que la alargadera está en condiciones y dispone de una toma de tierra.
  - o Los empalmes no se realizarán con cinta aislante, sino que se sustituirá el cable por otro nuevo.
  - o Las herramientas eléctricas pequeñas tendrán que ser revisadas en caso de cualquier fallo.

- o La instalación eléctrica, únicamente podrá llevarse a cabo por personal cualificado.
- Por último, la señalización es una parte muy importante de la seguridad, por ello todo lo que requiera de ella irá correctamente señalizado con las siguientes señales:

## SEÑALES DE ADVERTENCIA



## SEÑALES DE PROHIBICIÓN



## SEÑALES DE OBLIGACIÓN



Protección obligatoria de la vista



Protección obligatoria de la cabeza



Protección obligatoria del oído



Protección obligatoria para las vías respiratorias



Protección obligatoria de los pies



Protección obligatoria de las manos



Protección obligatoria del cuerpo



Protección obligatoria de la cara



Protección individual obligatoria contra caídas



Vía obligatoria para personas



Obligación general (acompañada, si procede, de una señal adicional)

## 6.7 Garantías

Todos los componentes de la instalación están protegidos frente a defectos de fabricación o montaje con una garantía de mínimo 24 meses desde su recogida. Algunos de los componentes, como partes del aerogenerador tienen una garantía de hasta 40 meses.

En la garantía viene incluido los gastos de reparación, piezas a remplazar y el envío de vuelta. El envío desde la instalación hasta el lugar de reparación corre por parte del consumidor. La garantía quedará anulada en caso de que dichas reparaciones sean llevadas a cabo por alguien o alguna empresa no autorizada. También será anulada si no se cumplen las normas de seguridad y mantenimiento expuestas anteriormente.




## 7. ANEXOS

### 7.1 Anexo 1. Aerogenerador ENAIR 200.

GENERADOR	Potencia	20kW - Max.
	Configuración	3 fases - 500V - transmisión directa
AEROGENERADOR	Configuración	3 palas, eje horizontal sotavento
	Potencia nominal	18kW - IEC 61400
	Aplicaciones	Conexión a red - Micro red
	Velocidad rotación	120rpm
	Inicio de rotación	1.85m/s
	Corte producción	30m/s
	Protección	Ip-65/alta protección ambiental
	Peso	1000kg
	Orientación	Orientación aerodinámica
	ROTOR	Diámetro
Área de barrido		75.4m <sup>2</sup>
Longitud de pala		4.5m
Material de pala		Fibra de vidrio, resina flex con poliuretano
Tipo de control		Paso variable activo, regul. electrónica y freno
SISTEMA DE SEGURIDAD DE FRENADO	Paso	Paso variable con control activo Por viento y potencia
	Freno	Freno electromecánico de seguridad
	Control electrónico de:	- Velocidad de viento - Temperatura (opc.) - Voltaje - Fallos en la red - Fallo de sensores
CONTROL DE LA TURBINA	Sistema electrónico	Sistema programable para adaptar la turbina Registro de alarmas
	Software	Software personalizado. Pantalla datos (opc.)
INVERSORES	Inversor	Compatible con los inversores solares de tensión constante a 500V

## 7.2 Anexo 2. Batería estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600.

**UZS600-6**



**Physical Specification**


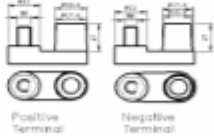
Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

**Specifications**

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
<b>Terminal Type</b>	Standard Terminal	F22	
<b>Container Material</b>	Standard Option	ABS	
<b>Rated Capacity</b>	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
<b>Max Discharge Current</b>	1300A (5s)		
<b>Internal Resistance</b>	Approx 2.5mΩ		
<b>Discharge Characteristics</b>	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F) Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F) Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
		0°C	85%
		-15°C	65%
<b>Design Floating Life at 20°C</b>	20 Years		
<b>Self Discharge</b>	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interVal will be shorter.		


**Dimensions**

■ **F22 Terminal**

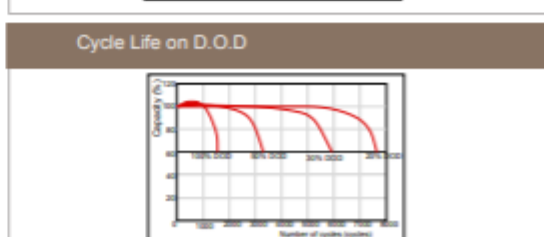
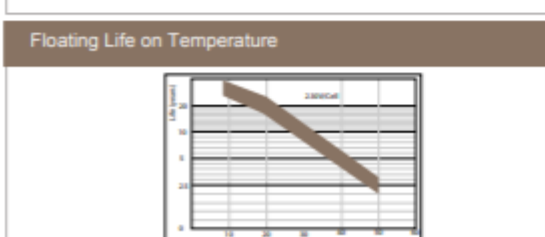
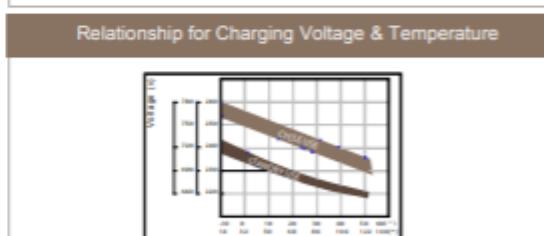
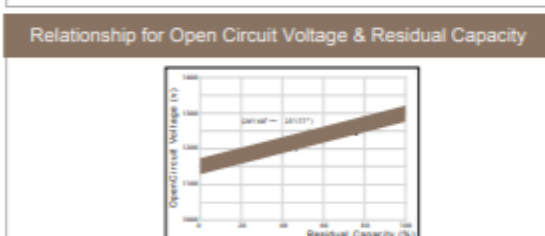
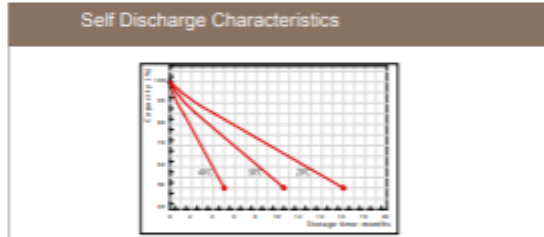
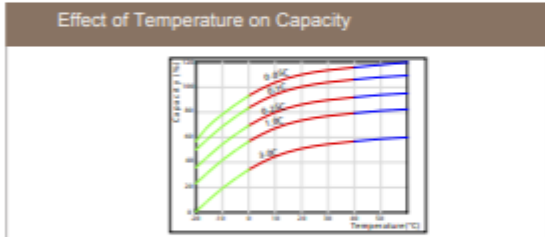
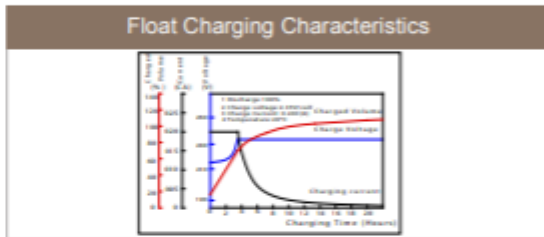
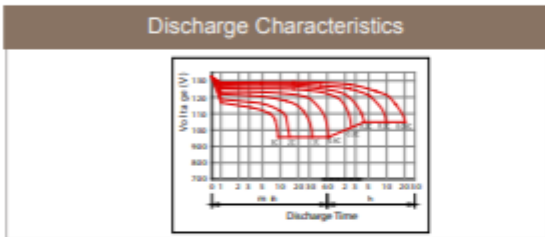
1

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C														
F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	24h	48h	100h	120h
1.60V	328	202	128	94.7	79.1	66.6	56.6	43.3	36.6	19.8	17.2	9.12	5.64	5.11
1.65V	321	199	127	94.1	78.7	66.2	56.2	43.0	36.6	19.8	17.2	9.10	5.61	5.10
1.70V	311	194	126	92.8	77.6	65.3	55.5	42.4	36.5	19.7	17.1	9.06	5.60	5.07
1.75V	304	190	124	92.2	77.0	64.8	55.1	42.1	36.3	19.6	17.0	9.03	5.56	5.04
1.80V	293	184	121	89.4	74.7	62.9	53.4	40.9	36.0	19.4	16.9	8.86	5.50	5.00

Constant Power Discharge (Watts) at 25°C														
F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	24h	48h	100h	120h
1.60V	647	404	247	186	155	131	111	85.7	72.9	39.6	247	18.4	11.6	10.5
1.65V	634	398	245	184	154	130	111	85.2	72.8	39.5	245	18.4	11.5	10.5
1.70V	614	388	243	182	152	129	109	84.0	72.6	39.4	243	18.3	11.5	10.4
1.75V	599	380	240	181	151	128	109	83.4	72.1	39.2	240	18.2	11.4	10.3
1.80V	577	369	233	175	146	124	105	80.9	71.6	38.9	233	17.8	11.1	10.0



## 7.3 Anexo 3. Inversor Axpert VM3 5000W 48V 80A MPPT 500V

Rango De Voltaje De Trabajo MPPT (V)	120 - 450
Voltaje Máximo MPPT Circuito Abierto (V)	500
Corriente Nominal De Carga (A)	80
Voltaje Nominal De Baterías (V)	48
Potencia De Salida Nominal / Pico (W)	5000 / 10000
Dimensiones Largo X Ancho X Profundo (Cm)	44 x 30 x 11
Peso (Kg)	10
Eficiencia Europea	90

## 7.4 Anexo 4. Mantenimiento del aerogenerador ENAIR 200

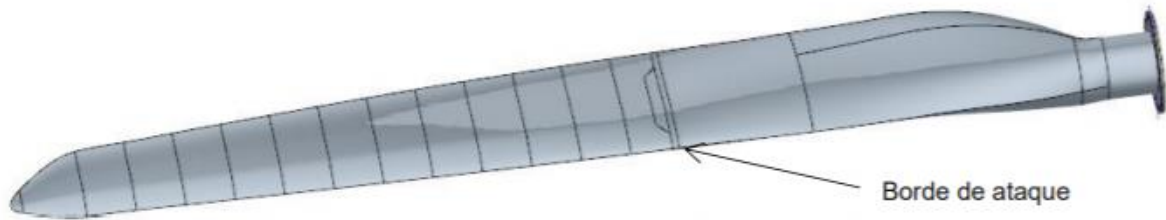
Clase de viento	Velocidad media del viento en el emplazamiento de la instalación		
	m/s	km/h	mph
<b>1</b>	<5.6	<20.1	<12.53
<b>2</b>	5.6 – 6.4	20.1 – 23.04	12.53 – 14.32
<b>3</b>	6.4 - 7	23.04 – 27.2	14.32 – 15.66
<b>4</b>	7 – 7.5	25.2 – 27	15.66 – 16.78
<b>5</b>	7.5 - 8	27 – 28.8	16.78 – 17.9
<b>6</b>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

Clase de viento	1	2	3	4	5	6	7
Revisión y reapriete de tornillos de palas eje de giro, central hidráulica y torre.	De 30 a 60 días meses después de la instalación, según condiciones de viento.						
Inspección visual (tanto del molino como de la torre), chequeo de ruidos anómalos y vibraciones	De 30 a 60 días meses después de la instalación, según condiciones de viento y después de tormentas o vientos de más de 25 m/s (90 km/h, 56 mph)						
1 - Comprobación del estado de las palas, especial atención al borde de ataque	Cada 12 meses			Cada 6 meses			
2 - Reapriete de tornillos, establecidos en Pto.B.1, eje de giro con torre.							
3 - Engrasado de rodamiento central y coronas del paso variable y giro.							
4 - Engrasado del conjunto del paso variable, actuador y finales de carrera							
6 – Revisión de la central hidráulica de sus juntas, manguitos, nivel de aceite.							
7 - Comprobación de las conexiones eléctricas en la góndola y en las cajas de conexiones.							
8 - Reapriete de otros tornillos de la torre (p.e. empalmes, acoples...)							
9 – Cambiar aceite de la central hidráulica.							
10- Sustitución de los manguitos de la bomba hidráulica.	Cada 4 años (orientativo)	Cada 4 años (orientativo)					

## 1 – Verificación de las palas.

Revisar la superficie de las palas, prestando especial atención al borde de ataque; es normal que se aprecie un ligero desgaste. En caso de encontrar grandes desperfectos en su superficie sustituir el conjunto de las tres palas.

En caso de alguna grieta o desperfecto superficial debido a alguna colisión, se debe masillar y pintar con la pintura recomendada.



### 1.1 – Verificación de la pintura

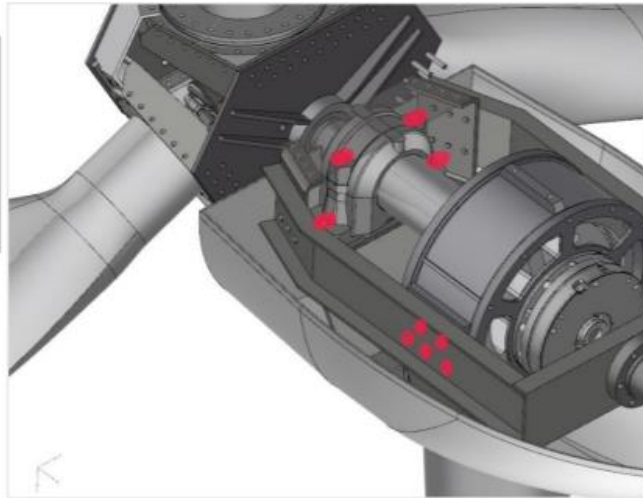
Inspeccionar toda la superficie exterior del ENAIR. Si fuese necesario repintar

## 2 - Reapriete de tornillos, establecidos eje de giro con torre.

En cada revisión del Aerogenerador deben verificarse los tornillos principales, para garantizar que están correctamente apretados.

Herramientas	Par
Llave fija o de vaso de 30	402 Nm
Llave fija o de vaso de 36	691 Nm
Llave fija o de vaso de 24	198 Nm

Ver Anexo 3, para detalles de par.  
Llave dinamométrica

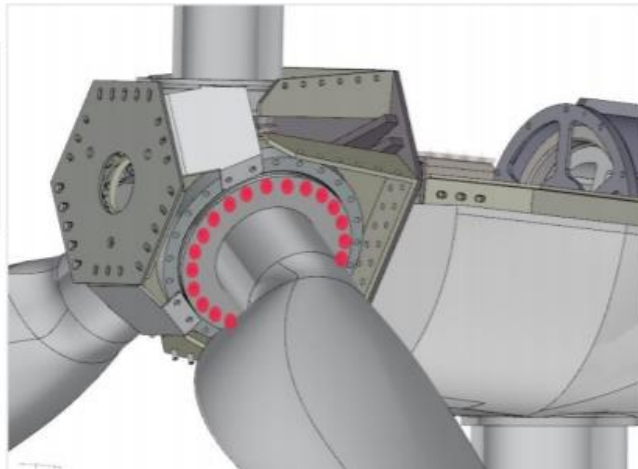


Para realizar las tareas de revisión de apriete así como las de engrase y revisión en cada tarea de mantenimiento, será necesario quitar el cono del aerogenerador.

De cada una de las palas se deberán revisar los tornillos indicados, según las características de par adjuntas.

Herramientas	Par
Llave fija o de vaso de 21	127 Nm

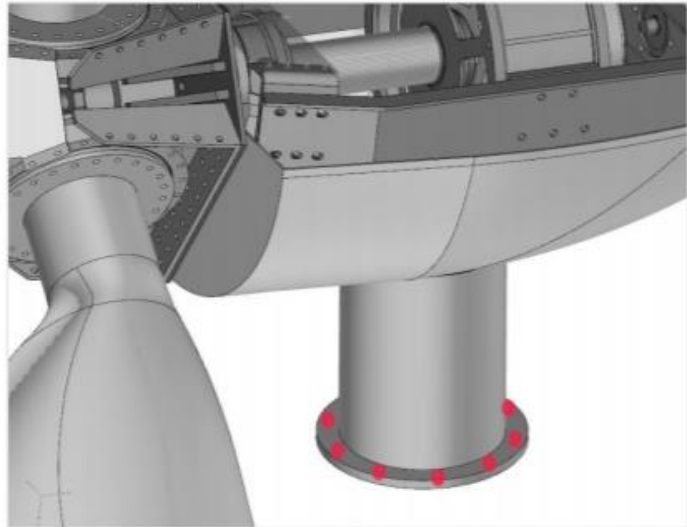
Ver Anexo 3, para detalles de par.  
Llave dinamométrica





**Herramientas** **Par**  
Llave fija o de vaso de 24 - 198 Nm

**Ver Anexo 3, para detalles de par.**  
Llave dinamométrica



### 3 - Engrasado de rodamiento central y coronas del paso variable y giro.

En cada revisión del Aerogenerador deben engrasarse correctamente todas las coronas y rodamientos de forma que siempre estén perfectamente lubricadas, consideren que las coronas tienen varios puntos de engrase y será necesario garantizar un correcto engrase de las mismas.

**Tipo de grasa:**

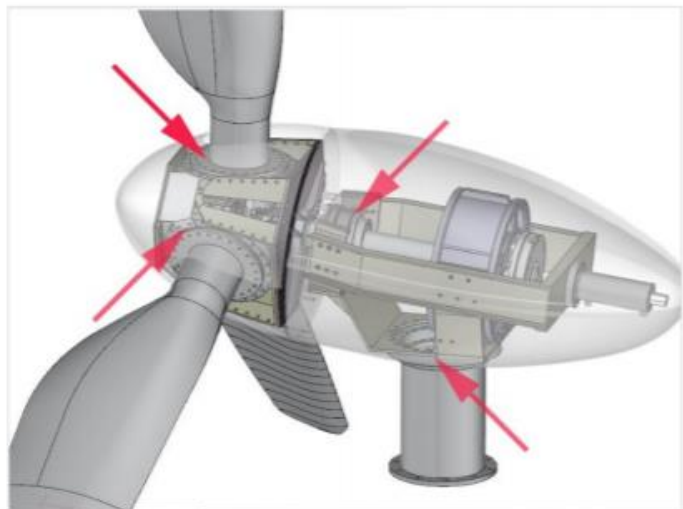
Requerimientos:

- ISO 6074(HV)
- DIN 51524
- USS 126-127
- ISO 6743 HM
- MIL-L24459

Cantidad aproximada: 500g

**Herramientas:**

Engrasador estándar para bocas de engrase.



#### 4 - Engrasado del conjunto del paso variable, actuador y finales de carrera.

En cada revisión del Aerogenerador deben cubrirse de grasa todas las partes móviles del interior del paso variable, para garantizar unos movimientos suaves de los mecanismos.

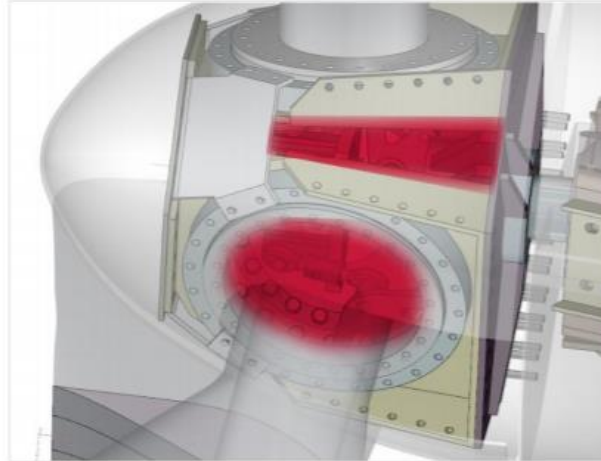
Para hacer el engrase interior **NO es necesario quitar las palas**, se realiza por los espacios de unión entre las mismas.

**Tipo de grasa:**

- Requerimientos
- ISO 6074(HV)
  - DIN 51524
  - USS 126-127
  - ISO 6743 HM
  - MIL-L24459

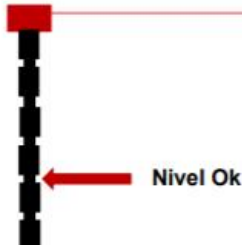
**Herramientas:**

Pincel para untar partes móviles.



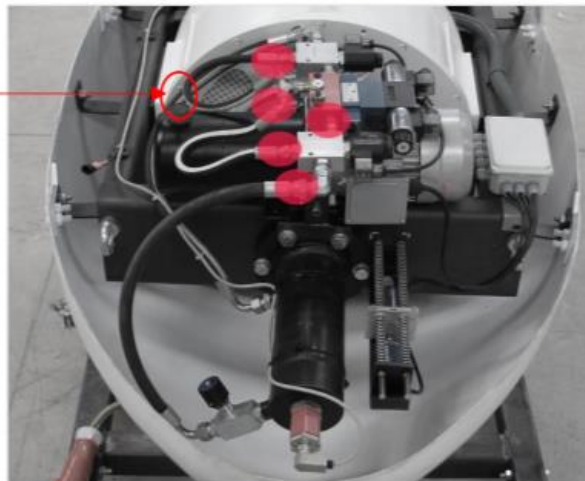
#### 5 - Revisión de la central hidráulica de sus juntas, manguitos, nivel de aceite.

En cada revisión del Aerogenerador deben verificarse las juntas de cada uno de los manguitos que están conectados a la central hidráulica, para comprobar que no hay fugas de aceite, estos manguitos se cambiarán cada 4 años por seguridad. También debe revisarse el nivel de aceite del tanque el cual debe estar al menos hasta la segunda marca del indicador.



**Tipo de aceite:**

- Calidad:
- ISO-L-XECHA 2
  - NSF H1
  - Baja temperatura - 50°C
- Norma ASTM D1478

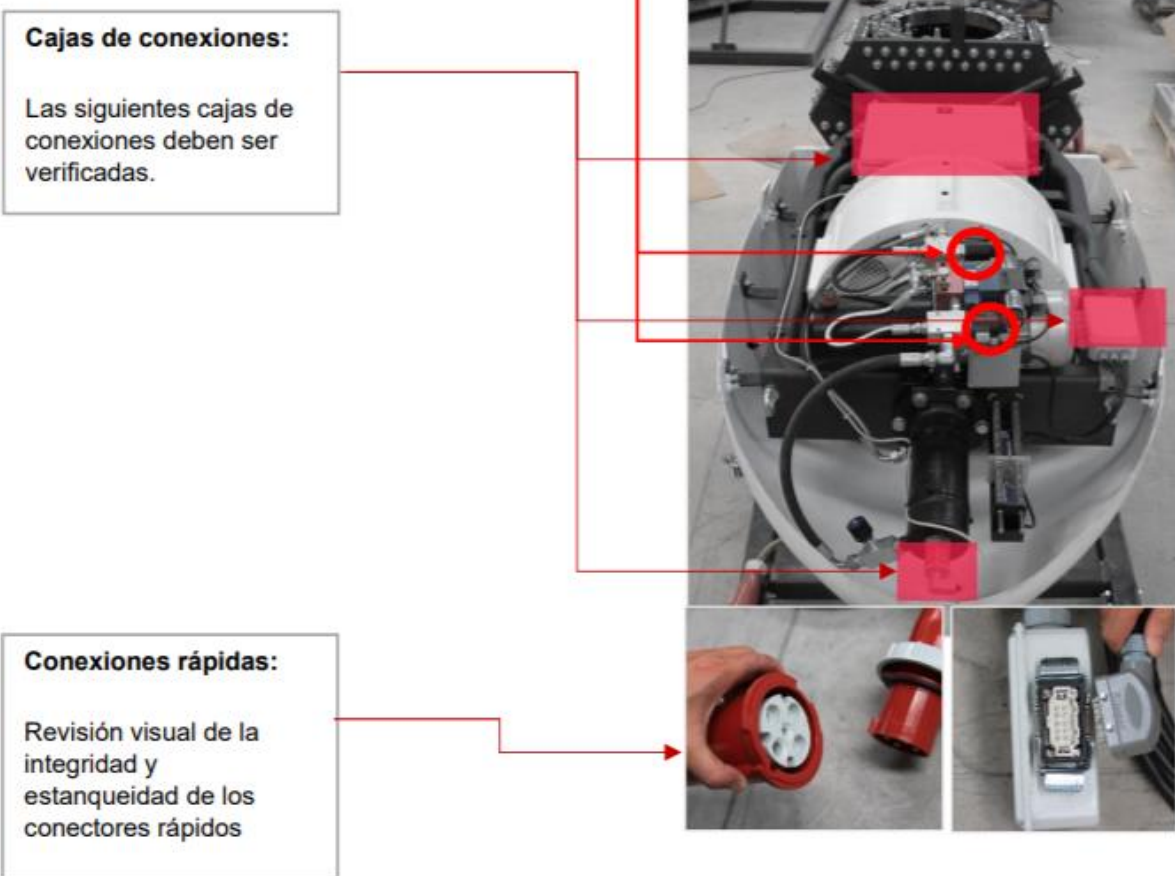


## 6 – Revisión de conexiones eléctricas.

Las conexiones eléctricas así como la integridad de los cables, debe ser perfectamente revisada, observando que no hay cables sueltos ni sobrecalentados. La tarea a realizar es verificar los cables de forma visual y tocarlos tirando levemente sobre ellos, de forma que se verifique que están bien sujetos.

También hay que verificar la integridad de los conectores rápidos y observar que no tienen humedad, corrosiones o polvo.

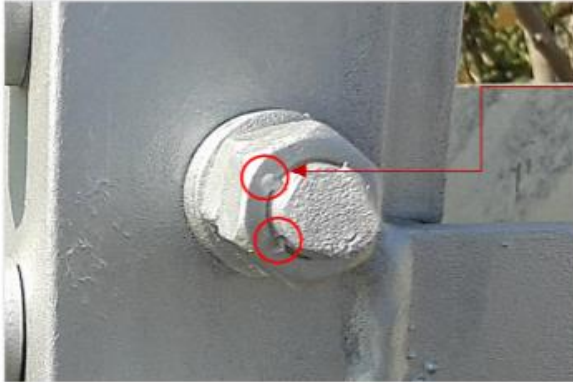
Verificar las electroválvulas de las central hidráulica de forma que estén bien apretadas y hagan un buen contacto.





## 1 – Reapriete de los tornillos de la torre.

Para los casos estándar de torres cuadradas de celosía, se en cada mantenimiento se debe realizar un revisión y reapriete de todos los tornillos de la torre para verificar la integridad de la misma, estos tornillos además deberán estar graneteados conforme se aprecia en la foto inferior.



### Verificación:

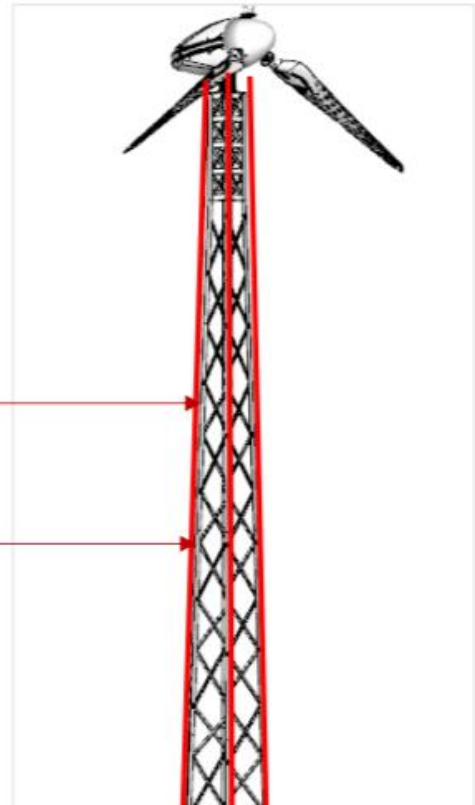
Granetear los tornillos es asegura que no se aflojen.  
Es importante verificar que siempre están apretados en el par correcto. Dado la cantidad tan grande tornillos de la torre, recomendamos consultar la tabla de par del Anexo 3

### Verificación estructural:

Revisar que los tornillos de la torre, están perfectamente sujetos, que no hay tornillos sueltos.  
Verificar que están graneteados y que no se han alfojado.

### Verificación visual:

Inspeccionar toda la superficie de la torre para determinar si hay corrosión, soldaduras abiertas o perfiles doblados.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

### 1. Introducción.

- [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/el\\_sol\\_fuente\\_basica\\_de\\_energia.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/el_sol_fuente_basica_de_energia.asp)
- <https://www.chazonafrica.org/historia>

### 2. Memoria descriptiva.

#### 2.2. Antecedentes. Fuentes de energía no renovables:

- [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/fosiles.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/fosiles.htm)
- <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-combustibles-fosiles-y-como-se-formaron-1349.html>
- <https://www.csn.es/la-energia-nuclear>

#### 2.3. Solución. Fuentes de energía renovables

- <http://tecnicoo.es/blog/energias-renovables/>
- <https://www.google.com/search?q=energ%C3%ADa+solar&og=energ%C3%ADa+solar&aqs=chrome..69i57j69i60j0l4.3437j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- <https://www.aprendeconenergia.cl/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar/>
- <https://solar-energia.net/ventajas-desventajas>
- <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>
- <https://concepto.de/energia-hidraulica/>
- <https://concepto.de/energia-mareomotriz/>
- <http://ebasl.es/producir-energia-con-la-biomasa/>
- <https://concepto.de/energia-geotermica/>

#### 2.4. El orfanato de Chazon.

- <https://es.weatherspark.com/y/98710/Clima-promedio-en-Molo-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>
- <https://www.trace-software.com/es/el-problema-africano-del-acceso-a-la-energia/>
- <https://www.elblogsalmon.com/entorno/falta-energia-en-africa>
- <https://www.euroxpress.es/noticias/el-desarrollo-de-africa-pasa-por-las-energias-renovables>

#### 2.5. Sistemas eólicos.

- <https://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica#top>
- <https://www.evwind.com/2018/09/19/situacion-y-perspectivas-de-futuro-de-la-energia-eolica/>
- <https://grupo15fluidos.wordpress.com/2016/04/24/componentes-de-una-turbina-eolica/>
- [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/20245/TFG\\_Alvaro\\_Lucas\\_San\\_Roman.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/20245/TFG_Alvaro_Lucas_San_Roman.pdf)
- <http://kimerius.com/app/download/5780377015/Dise%C3%B1o-de+Aerogeneradores.pdf>
- [http://www.opex-energy.com/eolica/tipos\\_aerogeneradores.html](http://www.opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html)
- <http://ligit0.uab.es/mtig/intranet/projectes/analisi/windweb/es/tour/wres/betz.htm>
- <http://ligit0.uab.es/mtig/intranet/projectes/analisi/windweb/es/tour/wres/tube.htm>

- <http://ligit0.uab.es/mtig/intranet/proyectos/analisi/windweb/es/stat/betzpro.htm>
3. Memoria constructiva.
- 3.2. Elección del aerogenerador.
- <https://es.weatherspark.com/y/98710/Clima-promedio-en-Molo-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>
- 3.3. Aerogenerador ENAIR 200.
- <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e200>
- 3.4. Batería.
- <https://autosolar.es/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-600ah-48v-ultracell-uzs600>
- 3.5. Inversor.
- <https://www.olasolar.com/inversores-hibridos/axpert-vm-ii-5000w-48v-80a-mppt-500v.html>
4. Estudio económico.
- [SANZ03] El Coste del Ciclo de Vida en las bombas. Life Cycle Cost (LCC).
- 4.1. Coste inicial.
- <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/precios>
  - <https://autosolar.es/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-600ah-48v-ultracell-uzs600>
  - <https://www.olasolar.com/inversores-hibridos/axpert-vm-ii-5000w-48v-80a-mppt-500v.html>
- 4.2. Coste de instalación.
- <https://gorentalstore.com/alquiler/miniexcavadora-de-orugas-de-3600-kg>
  - <https://gorentalstore.com/alquiler/camion-con-grua-hasta-21-m-de-alcance>
- 4.3. Coste de transporte.
- <https://www.icontainers.com/es/cotizaciones/FCL/ESVLC/PORT/ES/KEMBA/PORT/KE/?dv20=1&dv40=0&hc40=0&include+origin+charges=false&include+destination+charges=false&first+quote+id=8179026>
- 4.5. Coste de equipos de seguridad.
- [https://www.amazon.es/s?k=casco+de+obra&adgrpid=56937821675&gclid=CjwKCAjwnf7qBRAtEiwAseBO\\_CBjWxt8XZHt8OiU8iGFToBQ5rL545Ylpw00BVZS9-TM-LlIAd1VlXoC3XMQAvD\\_BwE&hvadid=275370968872&hvdev=c&hvlocphy=9047050&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=9660008274141161244&hvtargid=aud-611320799979%3Akwd-320788846953&tag=hydes-21&ref=pd\\_sl\\_3w4pmfsov2\\_e](https://www.amazon.es/s?k=casco+de+obra&adgrpid=56937821675&gclid=CjwKCAjwnf7qBRAtEiwAseBO_CBjWxt8XZHt8OiU8iGFToBQ5rL545Ylpw00BVZS9-TM-LlIAd1VlXoC3XMQAvD_BwE&hvadid=275370968872&hvdev=c&hvlocphy=9047050&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=9660008274141161244&hvtargid=aud-611320799979%3Akwd-320788846953&tag=hydes-21&ref=pd_sl_3w4pmfsov2_e)
  - [https://www.amazon.es/s?k=chaleco+reflectante&adgrpid=56893366700&gclid=CjwKCAjwnf7qBRAtEiwAseBO\\_EcQmBG889jOLWXSQuO1m6ouz2V6OvfdeR1I86IXYTxGL-em2MzRhoC30YQAvD\\_BwE&hvadid=275363461623&hvdev=c&hvlocphy=9047050&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=12711677747806770719&hvtargid=aud-611320799979%3Akwd-301881114880&hydadcr=11855\\_1842844&tag=hydes-21&ref=pd\\_sl\\_1a4k2iyyb3\\_e](https://www.amazon.es/s?k=chaleco+reflectante&adgrpid=56893366700&gclid=CjwKCAjwnf7qBRAtEiwAseBO_EcQmBG889jOLWXSQuO1m6ouz2V6OvfdeR1I86IXYTxGL-em2MzRhoC30YQAvD_BwE&hvadid=275363461623&hvdev=c&hvlocphy=9047050&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=12711677747806770719&hvtargid=aud-611320799979%3Akwd-301881114880&hydadcr=11855_1842844&tag=hydes-21&ref=pd_sl_1a4k2iyyb3_e)







## 9. ÍNDICE DE IMÁGENES

---

Imagen 1: [https://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento\\_global](https://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global)

Imagen 2: <https://www.concienciaeco.com/2012/02/20/que-es-el-co2/>

Imagen 3: <https://blogs.publico.es/econonuestra/2016/05/14/para-cuando-el-final-de-los-combustibles-fosiles/>

Imagen 4: <http://www.chazonafrica.org/>

Imagen 5: <https://www.ecured.cu/Kenia>

Imagen 6: <https://www.laprensa.com.ni/magazine/6-grados/6-curiosidades-del-petroleo/>

Imagen 7: <https://www.portafolio.co/internacional/precio-del-petroleo-sigue-a-la-baja-522565>

Imagen 8: <https://carbonesreinares.es/productos/9-carbon-vegetal-nacional-8456965920815.html>

Imagen 9: <http://esmateria.com/2012/07/31/un-estudio-vincula-cancer-y-minas-de-carbon-en-espana/>

Imagen 10:

<http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/Contenido/pni/003.html>

Imagen 11: <https://www.cnat.es/trillo-presentacion.php>

Imagen 12: <https://www.innovagreen.com/energia-solar-termica/>

Imagen 13: <https://www.blognovo.es/energia-solar-potente-barata-resultados/>

Imagen 14: <http://cyberevolution-j1972.blogspot.com/2011/06/energia-solar-fotovoltaica-luces-y.html>

Imagen 15: <https://www.alj.com/es/perspective/wind-blows-building-cleaner-future-wind-energy/>

Imagen 16:

[https://www.google.com/search?biw=1280&bih=578&tbm=isch&sa=1&ei=n5hKXfzeO9eBjLsPtvS90AI&q=central+hidroelectrica&oq=central+hidroelectrica&gs\\_l=img.3..35i39l2j0l8.234557.241534.241825...0.0..0.607.7251.0j4j5j4j3.....0....1..gws-wiz-img.....0i67.OlVYmxJ21hI&ved=&uact=5#imgsrc=rf7-zAjL4Gi6kM:](https://www.google.com/search?biw=1280&bih=578&tbm=isch&sa=1&ei=n5hKXfzeO9eBjLsPtvS90AI&q=central+hidroelectrica&oq=central+hidroelectrica&gs_l=img.3..35i39l2j0l8.234557.241534.241825...0.0..0.607.7251.0j4j5j4j3.....0....1..gws-wiz-img.....0i67.OlVYmxJ21hI&ved=&uact=5#imgsrc=rf7-zAjL4Gi6kM:)

Imagen 17: <https://hidroelectricasbest.blogspot.com/2019/04/como-funciona-una-central-hidroelectrica.html>

Imagen 18: <https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/como-se-obtiene-energia-mareomotriz>

Imagen 19: <http://como-funciona.co/la-biomasa/>

Imagen 20: <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-geotermicas-del-mundo/>

Imagen 21:

<https://www.google.es/maps/place/Molo,+Kenia/@0.0893832,36.4026753,7.81z/data=!4m5!3m4!1s0x182a17e4087834f9:0x9a8f01cc38850634!8m2!3d-0.2488358!4d35.7323709?hl=es>

Imagen 22: [https://www.google.es/maps/place/Molo,+Kenia/@-](https://www.google.es/maps/place/Molo,+Kenia/@-0.2517378,35.7308127,15.12z/data=!4m5!3m4!1s0x182a17e4087834f9:0x9a8f01cc38850634!8m2!3d-0.2488358!4d35.7323709?hl=es)

[0.2517378,35.7308127,15.12z/data=!4m5!3m4!1s0x182a17e4087834f9:0x9a8f01cc38850634!8m2!3d-0.2488358!4d35.7323709?hl=es](https://www.google.es/maps/place/Molo,+Kenia/@-0.2517378,35.7308127,15.12z/data=!4m5!3m4!1s0x182a17e4087834f9:0x9a8f01cc38850634!8m2!3d-0.2488358!4d35.7323709?hl=es)

Imagen 23, 24, 25, 26 y 27: <https://es.weatherspark.com/y/98710/Clima-promedio-en-Molo-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Imagen 28: <https://slideplayer.es/slide/5538784/>

Imagen 29: <http://www.kitesurf.com.uy/vientos-termicos-brisas-marinas/>

Imagen 30: [https://es.123rf.com/photo\\_16977527\\_este-antiguo-molino-de-viento-fue-construido-alrededor-del-a%C3%B1o-1700-para-drenar-el-agua-de-un-p%C3%B3lder-holan.html](https://es.123rf.com/photo_16977527_este-antiguo-molino-de-viento-fue-construido-alrededor-del-a%C3%B1o-1700-para-drenar-el-agua-de-un-p%C3%B3lder-holan.html)

Imagen 31: <https://ovacen.com/energia-eolica-y-su-futuro/>

Imagen 32: <https://greendok.com/tipos-de-aerogeneradores>

Imagen 33: <https://ecovive.com/los-aerogeneradores-segun-el-numero-de-palas/>

Imagen 34: [http://opex-energy.com/eolica/tipos\\_aerogeneradores.html](http://opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html)

Imagen 35: <https://www.lbaindustrial.com.mx/aerogeneradores-verticales/>

Imagen 36: <http://www.interempresas.net/Metall/Articles/125164-Maxima-precision-incluso-con-las-maquinas-de-mayor-tamano.html>

Imagen 37: <https://colorinnature.wordpress.com/2011/04/28/aerogenerador/>

Imagen 38:

[https://library.e.abb.com/public/ac764cb1be081128c1257a30003c70d7/Cuaderno%20Tecnico\\_numero%2012\\_Plantas%20eolicas.pdf](https://library.e.abb.com/public/ac764cb1be081128c1257a30003c70d7/Cuaderno%20Tecnico_numero%2012_Plantas%20eolicas.pdf)

Imagen 39: <https://www.renovablesverdes.com/aerogeneradores-verticales/>

Imagen 40: <http://santy-tallerdecienciasdesantyyjuan.blogspot.com/2012/05/motor-eolico-savonius-casero.html>

Imagen 41: [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/193/course/section/97/tema\\_6.4.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/193/course/section/97/tema_6.4.pdf)

Imagen 42:

[http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/4641/1/TFG\\_Gali%C3%A1n\\_S%C3%A1nchez\\_Antonio.pdf](http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/4641/1/TFG_Gali%C3%A1n_S%C3%A1nchez_Antonio.pdf)

Imagen 43: <https://mesemar.com/sistemas-de-alimentacion/aerogeneradores/>

Imagen 44: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000900002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000900002)

Imagen 45: [http://opex-energy.com/eolica/tipos\\_aerogeneradores.html](http://opex-energy.com/eolica/tipos_aerogeneradores.html)

Imagen 46: <https://naukas.com/2010/10/25/cuando-la-nasa-construia-aerogeneradores/>

Imagen 47: <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/top-stories/palas-aerogeneradores>

Imagen 48: <https://www.aulafacil.com/articulos/ciencia-y-tecnologia/el-limite-de-eficiencia-energetica-de-una-turbina-eolica-t1172>

Imagen 49: <https://www.monografias.com/trabajos94/estudio-diseno-aerodinamico-aerogeneradores-verticales-tipo-giromill2/estudio-diseno-aerodinamico-aerogeneradores-verticales-tipo-giromill2.shtml>

Imagen 50: <https://es.weatherspark.com/y/98710/Clima-promedio-en-Molo-Kenia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Imágenes 51 y 52: <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e200>

Imágenes 53,54,55,56,57,58,59,60,61 y 62:

[https://www.enair.es/descargas/Manual/E200\\_UserManual-es.pdf](https://www.enair.es/descargas/Manual/E200_UserManual-es.pdf)

Imagen 63: <https://autosolar.es/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-600ah-6v-ultracell-uzs600-6>