

# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE GRADO

### GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

<b>Título</b>	Análisis del recurso eólico y diseño de una instalación eléctrica con minieólica en la zona de las Chumberas, en San Cristóbal de La Laguna.
<b>Alumno</b>	Oliver González Hernández
<b>Tutor</b>	Benjamín González Díaz
<b>Fecha</b>	1 de Junio de 2014







# Resumen

El trabajo de fin de grado consiste en análisis del recurso eólico y diseño de una instalación eléctrica con minieólica en la zona de las Chumberas, en San Cristóbal de La Laguna.

Como su propio nombre indica, la energía minieólica es el aprovechamiento de la energía del viento a pequeña escala, con aerogeneradores pequeños de potencias relativamente bajas del orden de kilovatios.

A pesar de no ser tan conocida como la energía solar fotovoltaica, en determinados lugares, donde el recurso eólico es abundante a lo largo de todo el año, la tecnología minieólica es mucho más rentable, ya que para igualar la potencia que genera un pequeño aerogenerador sería necesaria una gran superficie de paneles fotovoltaicos.

En la actualidad se tiende cada vez más a la creación de instalaciones híbridas que, combinando ambas tecnologías con un banco de baterías, consiguen ser totalmente autónomas de la red.

La diferencia de temperaturas entre distintas capas de la atmósfera, la rotación de la tierra y el efecto Coriolis provocan el movimiento de grandes masas de aire a lo largo y ancho de todo el globo. Este movimiento de masas de aire es lo que conocemos como viento. El viento a escala macroscópica sigue patrones concretos que se repiten cíclicamente y da lugar a fenómenos como los vientos alisios. Sin embargo, a una escala menor este se vuelve impredecible y se hace necesario un análisis estadístico para su estudio.

Además el viento se ve afectado por la orografía del terreno, y aún más por la altura, debido al rozamiento con el suelo. Por tanto, antes de la implantación de cualquier instalación eólica se hace necesario realizar un buen análisis del recurso eólico de la zona, ya que este análisis preliminar nos permitirá comprobar si el proyecto es rentable o no, y por ende, si se debe seguir adelante con el mismo.

El primer paso es obtener la información básica del lugar. El viento sufre variaciones a lo largo de todo el año, por tanto, obtener esta información es un proceso largo, que puede llevar varios años, si queremos obtener un conjunto de datos representativo. En España, el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético) posee en su web un atlas

eólico, del cual podemos extraer toda la información necesaria para seguir adelante con el estudio.

La información que facilita el IDAE es solo para determinados puntos geográficos a una determinada altura con respecto al suelo. Esto hace necesario algún método para calcular, al menos de forma aproximada, los datos del emplazamiento donde irá ubicada la instalación.

Cuando tenemos todos los datos y sabemos cómo es la curva de duración del viento del lugar, podemos pasar a la elección del modelo del aerogenerador. Esta elección puede basarse en muchos criterios: el espacio disponible, la energía que se quiere producir, la rentabilidad que se espera de la instalación etc. Un factor importante es la velocidad de arranque que tenga el aerogenerador, ya que un valor alto podría suponer que el aerogenerador estuviera mucho tiempo parado.

Una vez determinado el aerogenerador, debemos pasar a planificar la instalación, esto es, número de aerogeneradores, disposición de los mismos y dispositivos necesarios para el aprovechamiento de su energía como son los reguladores e inversores de tensión.

En una instalación con varios aerogeneradores, es necesario conocer como son las estelas que se generan y en qué medida podrían afectar estas al rendimiento global del sistema. Este efecto de las estelas será determinante a la hora de elegir el número de aerogeneradores y donde irán colocados.

En este trabajo fin de grado se ha llevado a cabo todo el proceso que se acaba de detallar, profundizando en los conceptos más significativos con el objetivo de comprender los aspectos más relevantes de este tipo de instalaciones y elaborar un proyecto coherente y viable.

# Abstract

The aim of this project has been the analysis of the wind energy resource and the design of an electrical generation system using small wind turbines at Las Chumberas, in San Cristóbal de la Laguna.

Small wind turbines work in the order of kilowatts.

As it is well known, in comparison with solar energy generation systems, the small wind technology is so much profitable in some places, where the wind energy resource is higher than the solar resource. Also, the solar energy generation implies a huge surface to produce the same power produced by a small wind turbine.

Nowadays, there are more hybrid systems which can work isolated from the network by combining wind and solar energy with batteries.

The temperature difference between each atmosphere layers, the earth rotation and the Coriolis Effect, cause the movement of huge air masses in the whole world. This movement is known as wind. In a macroscopic scale the wind follows well-known models which repeat cyclically. Although, in a smaller scale the wind behaviour is unpredictable and we need a statistic point of view for its study.

Furthermore, the wind is affected by the land orography, and also the ground friction plays a critical role in the wind profile with the high and it is one of the responsible mechanisms of the turbulences.

For this reason, the first step in this project has been analysing the wind energy resource in the chosen emplacement. Also the analysis of the wind resource is necessary to evaluate if the project is economically ante technically profitable.

The first step was evaluating the basic information of the place. The wind resource varies along the year, and therefore to obtain this information is a long process, and it takes several years, to create a representative data set. In Spain, in the web of the IDAE there is available a wind energy map and we can use it to get the certain information, in order to carry out with the project.

The information given by the IDAE map is only calculated in few points, and only at certain altitude above ground level .It makes necessary some methods to calculate, or, at least approximate, the data set in the place where the wind turbines are going to be placed.

Once we know that information, we have to choose the wind turbine model. We have been analyzing several criteria into the wind turbine market: the available area, the energy production, the expected profit, and so on. Another important factor is the start-up speed because a high value implies the wind turbine will be stopped so much time.

When the wind turbine model has been chosen, the configuration of the system was carried out: number of wind turbines, the placement, and the necessary electronic and electrical devices.

In a system composed of several wind turbines it is necessary to study the wind turbulences generated due to the proximity of the wind turbines and therefore how it affects the efficiency of the overall system. The effect of the wind turbulences is determinant to choose the number of wind turbines and the point they will be placed.

In this project, all the process have been carried out emphasizing the most important concepts to understand the relevant aspects related with this kind of installations, and to make a coherent and viable project.



# ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....	2
1.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	2
1.2 OBJETIVOS TÉCNICOS.....	2
1.3 AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS.....	2
1.4 ALCANCE.....	2
1.5 ANTECEDENTES.....	2
1.6 EMPLAZAMIENTO.....	3
1.8 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	3
1.10 LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO.....	3
2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE PARTIDA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA.....	4
3.1 RECURSO EÓLICO DEL EMPLAZAMIENTO.....	4
3.2 INSTALACIÓN EÓLICA.....	5
4. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	14
MEMORIA JUSTIFICATIVA.....	15
1. EL RECURSO EÓLICO.....	16
1.1 EL VIENTO.....	16
1.2 LA VARIABILIDAD DEL VIENTO.....	17
1.4 VARIACIÓN DEL VIENTO CON LA ALTURA.....	18
1.4 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD.....	25
1.6 ESTIMACIÓN DEL RECURSO EÓLICO EN EL EMPLAZAMIENTO.....	28
2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	47
3. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS WEB UTILIZADOS.....	50

PLIEGOS DE CONDICIONES .....	51
1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	52
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA BAJA TENSIÓN. ....	52
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	64
1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES .....	65
2 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	66
CONCLUSIONES.....	73
CONCLUSIONS .....	76



# MEMORIA DESCRIPTIVA

## **1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.**

### **1.1 OBJETO DEL PROYECTO.**

El objetivo de este proyecto es el análisis y la implantación de una instalación eólica generadora de baja tensión para autoconsumo, en la azotea de Decathlon, en la zona de las Chumberas, La Laguna.

### **1.2 OBJETIVOS TÉCNICOS.**

Definir, justificar y expresar gráficamente de forma unívoca todos aquellos aspectos relevantes, desde el análisis del recurso eólico hasta la ejecución y puesta en marcha de la instalación, así como medir y presupuestar el diseño proyectado.

### **1.3 AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS.**

El proyecto debe ser utilizado y servir de base a todas las gestiones y trámites administrativos que se precisen ante los Organismos Competentes.

### **1.4 ALCANCE.**

El proyecto abarca el estudio del recurso eólico del emplazamiento, la caracterización de los parámetros necesarios para realizar la instalación de aerogeneradores en la azotea del centro comercial Decathlon para cubrir, parcialmente, la demanda de dichas instalaciones.

### **1.5 ANTECEDENTES.**

Entre los factores que han motivado la elaboración del proyecto se encuentran:

- La zona de las Chumberas posee un recurso eólico abundante y estable a lo largo de todo el año, que propicia la rentabilidad de la explotación de la energía eólica.
- El uso de energías renovables está cada vez más a la orden del día y se presentan como una de las pocas alternativas frente al uso de combustibles fósiles.
- La instalación además, al ser visible desde el exterior, podría servir como reclamo publicitario, ya que además de ser poco común, daría a Decathlon una imagen de empresa limpia y comprometida con el medio ambiente.
- La ejecución del proyecto permitirá al peticionario la generación de parte de la energía eléctrica que consume, de lo cual se derivará un ahorro económico anual considerable.

## **1.6 EMPLAZAMIENTO.**

Azotea del edificio Decathlon, Autopista TF-2 Santa Cruz La Laguna s/n, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.

## **1.8 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.**

### ***Características del edificio:***

- ◆ Edificio comercial de forma rectangular de dos plantas destinado a la venta de ropa y materiales deportivos.

## **1.10 LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO.**

La normativa vigente que resulta de aplicación al proyecto de ésta actividad es:

- ◆ Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto: “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias”, última actualización Noviembre de 2013. (BOE-A-2002-18099).
- ◆ Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. (BOE-A-2007-10556)
- ◆ Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre: “Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción”. (BOE-A-1997-22614).
- ◆ UNE-EN 61400-2:2007: Aerogeneradores. Parte 2: Requisitos de diseño para pequeños aerogeneradores. (IEC 61400-2:2006)

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE PARTIDA.**

### **2.1 CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO**

La azotea se encuentra a 16 metros de altura y consta en total de una superficie de 3904 m<sup>2</sup>

Parte de la superficie está ocupada por tragaluces con claraboya y aparatos de aire acondicionado y ventilación.

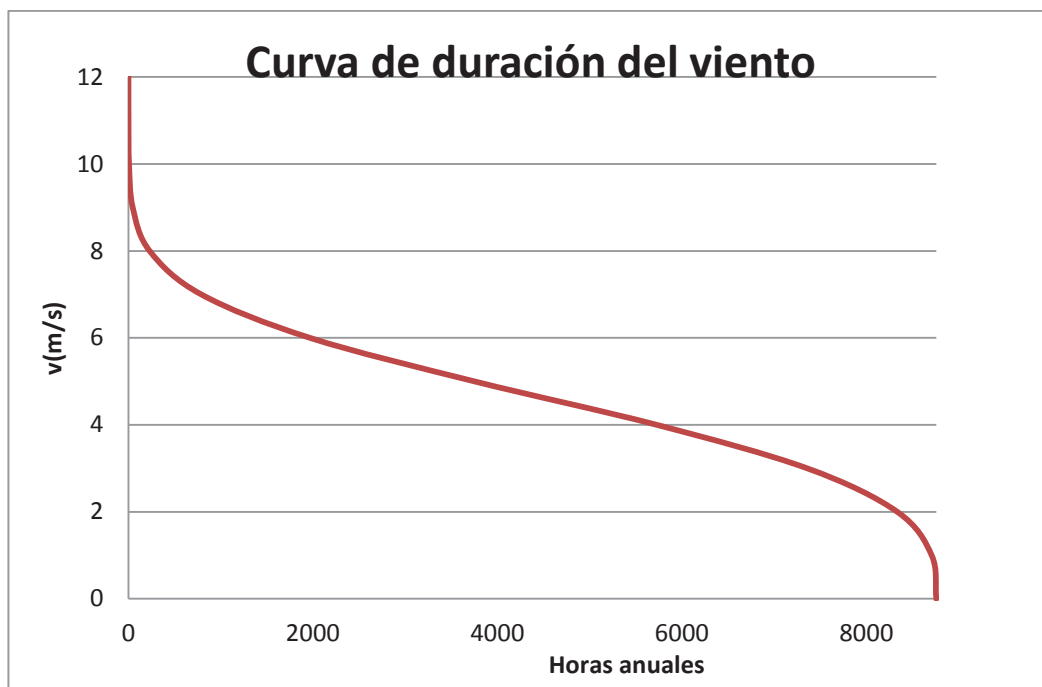
En dicha azotea no se ha desarrollado ninguna actividad de generación de energía eólica previamente, y no posee instalación eléctrica general ni de alumbrado. No obstante, si presenta punto de conexión a la instalación de puesta a tierra del edificio.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA.

#### 3.1 RECURSO EÓLICO DEL EMPLAZAMIENTO.

Tras realizar todos los cálculos necesarios para realizar la correcta estimación del recurso eólico, estos son los datos pertenecientes al emplazamiento a la altura del eje de rotación de los aerogeneradores una vez montados (25m):

- Velocidad media: 4,79 m/s.
- Parámetro  $C$  de la distribución Weibull: 5,27 m/s.
- Parámetro  $k$  de la distribución Weibull: 3,10.



**Fig. 1 Curva de duración del viento a 25m de altura en el emplazamiento de la instalación.**

Como vemos en la Fig.15, en el emplazamiento no se esperan, en condiciones normales, vientos superiores a 12 m/s. Sin embargo, si se puede esperar que en el emplazamiento el viento sople a más de 2m/s al menos unas 8000 horas anuales, y a más de 4m/s alrededor de unas 6000 horas, que hace de este un lugar propicio para la instalación de sistemas de generación eólicos.

El Decathlon no posee maquinaria pesada y la mayoría del consumo es destinado a iluminación, ascensores y escaleras mecánicas, por tanto la potencia demandada se ah estimado en torno a los 100kW.

### 3.2 INSTALACIÓN EÓLICA.

#### 3.2.1 AEROGENERADORES:

La instalación contará de 3 aerogeneradores marca ENAIR, modelo ENAIR 30, capaces de suministrar cada uno hasta 1500W de potencia nominal, llegando a picos de 3000W con vientos fuertes. El fabricante suministra el aerogenerador junto a los siguientes elementos:

- Interruptor de frenado.
- Resistencias de frenado.
- Regulador Eólico de tensión.
- Puntera de acople.
- Tornillería para el montaje del aerogenerador.



**Fig. 2 Imagen del Aerogenerador ENAIR 30 montado y funcionando.**

Las principales características de este aerogenerador son:

Número de palas	3
Material palas	Fibra de vidrio con resina epoxi
Generador	250 rpm  24 polos  imanes de neodimio
Potencia nominal curva	1500W
Voltaje	220V
Diámetro	3,2m
Área barrida	12,56m <sup>2</sup>
Peso	130Kg
Velocidad de arranque	2 m/s
Velocidad nominal	12 m/s
Vel. regulación paso variable	14 m/s
Rango de generación eficientes	De 2 a más de 60 m/s
Velocidad soportada	Más de 60 m/s
Orientación	Sistema pasivo Timón de Orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo, centrífugo
Transmisión	Directa
Freno	Eléctrico

**Tabla 1 Características principales del aerogenerador ENAIR 30.**



**Ahorro energético estimado:**

Se espera que la instalación genere alrededor de 15519kWh anuales que supondrán un ahorro de unos 2468€ (considerando que el precio de la energía es el que Endesa fija para grandes consumidores: 0.1469 €/kWh). A esta cantidad habría que sumar el ahorro del término de potencia que aportan los aerogeneradores a la instalación y que, por tanto, no es facturado por la empresa comercializadora.

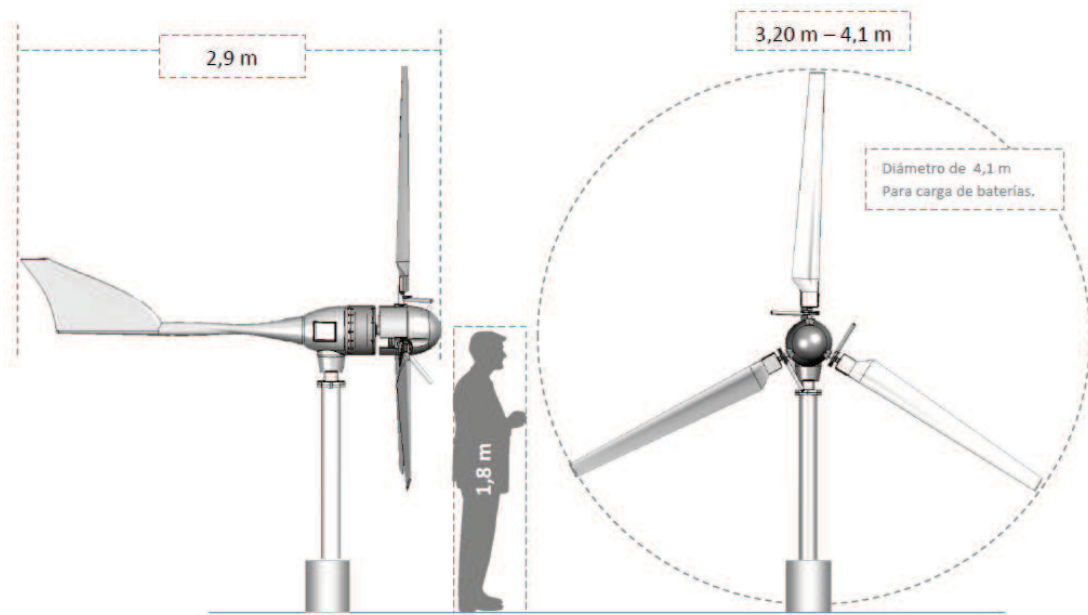
**Descripción del sistema de regulación de velocidad:**

El giro descontrolado de las palas de los aerogeneradores por encima de sus límites de funcionamiento puede poner en peligro la seguridad de las personas y bienes situados en las cercanías del aerogenerador, así como la electrónica asociada al aerogenerador (la tensión de salida es proporcional a la velocidad de giro).

El aerogenerador elegido utiliza un sistema de paso variable pasivo, es decir, posee unas masas acopladas a un sistema de resortes que cambian el ángulo de ataque de las palas, haciendo que se mantenga una velocidad constante al perder empuje. Como veremos a continuación, en la curva de potencia Fig.4, este sistema solo entra en funcionamiento cuando la velocidad del viento alcanza 14m/s. Aunque este método no sea muy preciso, presenta la ventaja de no utilizar ningún dispositivo eléctrico, electrónico o hidráulico para realizar el cambio de paso de las palas.

**Descripción del sistema de orientación:**

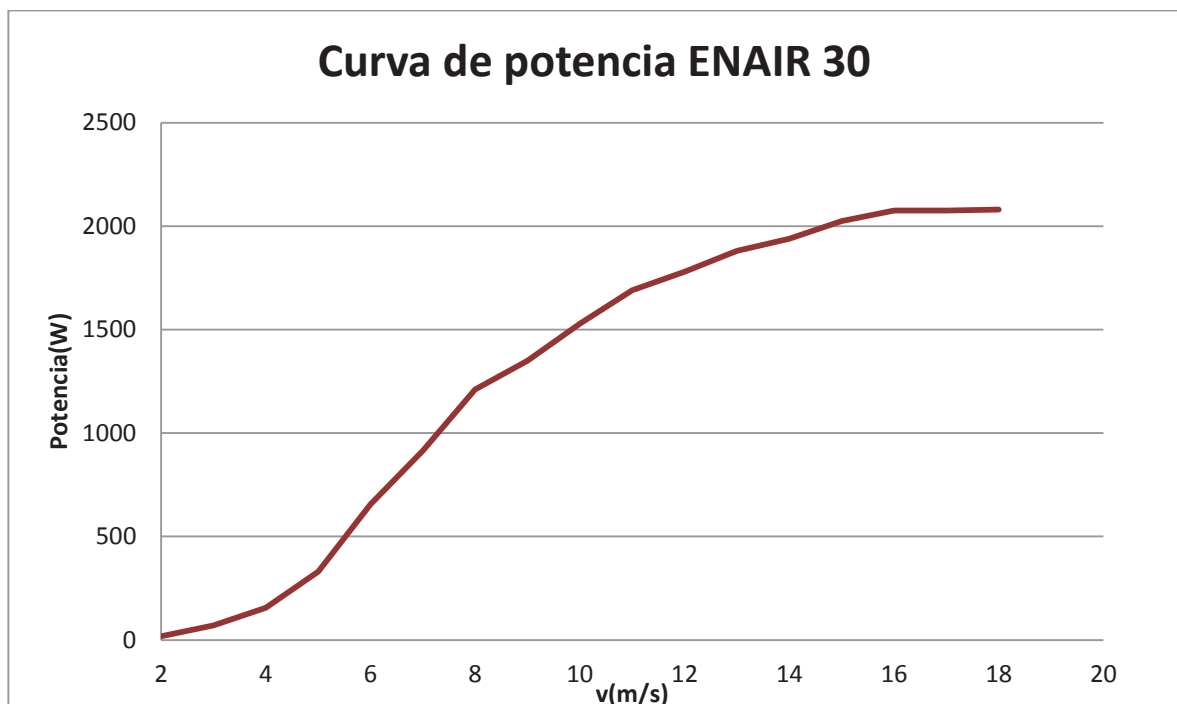
El sistema de orientación es el encargado de hacer girar automáticamente el rotor de tal forma que el viento incidente sea lo más perpendicular posible al plano de las palas. El ENAIR 30 utiliza un sistema pasivo basado simplemente en un timón de cola.



**Fig. 3 Dimensiones del aerogenerador ENAIR 30**

**Curva de potencia del aerogenerador:**

Es la representación gráfica de la potencia que suministra el aerogenerador para cada velocidad del viento. A continuación se muestra la curva de potencia del aerogenerador elegido:



**Fig. 4 Curva de potencia del aerogenerador ENAIR 30**

### 3.2.2 INVERSORES

Las instalaciones minieólicas de conexión a red están formadas por un aerogenerador, que transforma la energía eólica en energía eléctrica, y una etapa electrónica que acondiciona la energía eléctrica generada inyectándola a la red eléctrica.

La tensión generada por un aerogenerador presenta una amplitud y frecuencia variable en función de la velocidad de giro de las palas, que a su vez depende de la velocidad del viento. Por ello, la corriente generada en el aerogenerador debe ser acondicionada antes de ser inyectada a la red eléctrica.

La manera de proceder es primero rectificar esta corriente alterna y transformarla en continua, mediante un rectificador AC/DC. A continuación se convierte esta corriente continua en alterna con características adecuadas para poder ser inyectada a la red eléctrica por medio de un inversor (DC/AC).

En el caso de ENAIR el rectificador AC/DC aparece integrado en un interfaz que se instala entre el aerogenerador y el inversor. Este dispositivo lleva incorporadas unas resistencias de frenado, que se colocan en paralelo con el aerogenerador o a la salida del rectificador y disipan mediante calor los excesos de potencia generados en situaciones de viento excesivo, regulando así la potencia además de la tensión de entrada al inversor.

Para poder conectarse a la red interior del edificio, la instalación contará con tres inversores SMA Windy-Boy 3300W que ofrece un rendimiento del 95.6% para la potencia nominal del ENAIR 30. Las principales características del inversor son las siguientes:



**Fig. 5 Imagen del inversor SMA Windy-Boy 3300W**

Datos Generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo) en mm	450/352/236
Peso	38kg
Protección	IP65
Entrada	
Potencia máxima	3820
Rango de operación	200V-500V
Corriente máxima de entrada	20A
Salida	
Potencia nominal de salida	3300W
Corriente máxima de salida	18A
Frecuencia de salida	50Hz $\pm$ 0.1Hz
Tensión nominal de salida	230V
Factor de potencia	1

Tabla 2 Características principales del inversor SMA Windy-Boy 3300W

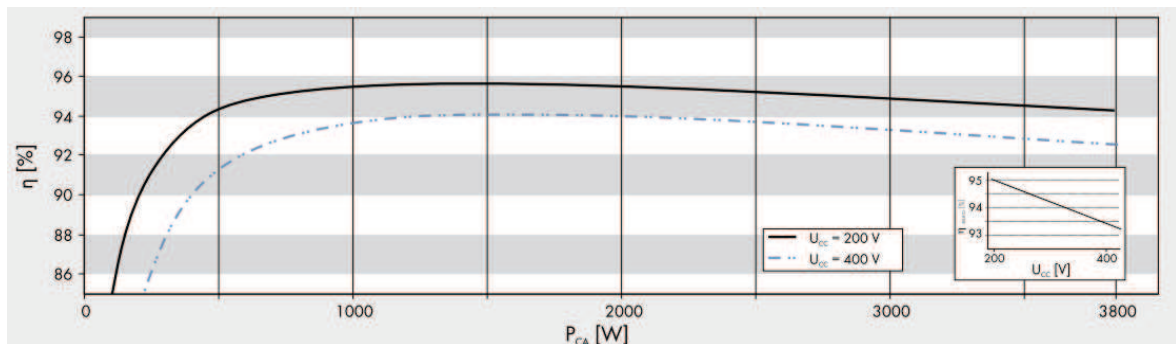


Fig. 6 Curva de rendimiento del inversor SMA Windy-Boy 3300W

### 3.2.3 MONTAJE

Para optimizar la producción energética, y evitar efectos de estelas entre aerogeneradores dentro del espacio disponible, la instalación contará con 3 aerogeneradores ENAIR 30 colocados de la siguiente forma:



**Fig. 7 Disposición aproximada de los aerogeneradores sobre la azotea del Decathlon.**

**Fuente de la imagen: Grafcan.**

El fabricante especifica, que para evitar turbulencias y mejorar el rendimiento de los aerogeneradores, se deben retranquear unos 3 metros de la fachada. La disposición exacta de los aerogeneradores ha de ser la indicada en el plano “**Aerogeneradores e Instalación Eléctrica**”.

Los aerogeneradores deberán montarse según las especificaciones del fabricante ANEXO I “Instrucciones de Montaje del Aerogenerador”, poniendo especial atención a los pares de apriete de los tornillos y tuercas. Un mal montaje podría provocar un gran acortamiento de la vida útil del aerogenerador, debido a la aparición de vibraciones que podrían causar la fatiga y rotura final de los distintos elementos que lo conforman.

Cada aerogenerador irá montado, a través de la puntera de acople suministrada por el fabricante, sobre una torreta cuatripata de celosía de acero, de 7 metros de altura, homologada por ENAIR para tal fin. De esta forma la altura final del eje del rotor con respecto al suelo será de unos 25 metros (contando con la altura del edificio).

La torreta deberá ir fijada al suelo a través de una pletina de acero, para una mejor distribución de las tensiones generadas por la acción del viento sobre la torreta y el aerogenerador, y con pernos de acero adecuados a los esfuerzos que deben soportar.

Además todas las torretas deberán ser puestas a tierra convenientemente, asegurando la continuidad eléctrica en la unión entre la torreta y el conductor de puesta a tierra.

Un movimiento inesperado del aerogenerador durante su montaje podría generar tensiones peligrosas, por tanto, durante el montaje de los aerogeneradores hay que asegurar que se encuentran frenados mecánicamente, mediante el amarré de una de sus palas al rotor, y con todos sus terminales cortocircuitados, esto último especialmente cuando se vaya a realizar al conexión eléctrica de los mismos.

Los conductores transcurrirán desde la base de los aerogeneradores hasta la estancia anexa a la escalera de acceso a la azotea. En dicha estancia se montaran todos los dispositivos eléctricos y electrónicos así como las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) que irán montadas en un cuadro.

Cada aerogenerador posee 3 cables procedentes de las escobillas, de los cuales, por medio de conectores eléctricos apropiados, partirán:

**Aerogenerador 1:** 3 cables de  $4\text{mm}^2$  (negro, gris, marrón) en tubo de PVC corrugado de 16mm de diámetro.

**Aerogenerador 2:** 3 cables de  $6\text{mm}^2$  (negro, gris, marrón) en tubo de PVC corrugado de 20mm de diámetro.

**Aerogenerador 3:** 3 cables de  $10\text{mm}^2$  (negro, gris, marrón) en tubo de PVC corrugado de 20mm de diámetro.

Para disminuir la tensión que deben soportar las escobillas debido al propio peso de los cables y prevenir un deterioro prematuro de las mismas, es recomendable fijar los cables al interior de la puntera de acople, justo después de los conectores. El fabricante recomienda dar tres vueltas a cada cable alrededor de un gancho soldado al interior de la puntera.

Cada terna de conductores llegará hasta el regulador eólico correspondiente, a través del interruptor de frenado. De cada regulador eólico saldrán dos cables de  $4\text{mm}^2$  (marrón y azul) los cuales llevan corriente continua hasta cada uno de los inversores y dos cables de  $4\text{mm}^2$  hasta las resistencias de frenado. La disposición de todos los elementos se especifica en el plano “**Detalle de montaje de los equipos eólicos**”.

La salida de cada inversor será llevada a cada una de las fases de la red interior a través de:

- Un magnetotérmico LEGRAND 16A/6kA o similar.
- Un diferencial LEGRAND 25A/30mA o similar.

Tras las protecciones, se atacará a cada una de las fases de la red interior a través de un cable de multiconductor de  $6\text{mm}^2$  (cada salida del inversor a una fase y el neutro común a los tres), en montaje empotrado en tubo de PVC corrugado de 20mm de diámetro. Dado la proximidad de los aerogeneradores, la potencia generada será prácticamente la misma, así que las tres fases estarán equilibradas.

La corriente alterna suministrada por los inversores cumple con los requisitos de calidad de la energía recogidos en la ITC-BT-40 para este tipo de instalaciones.

#### **Especificaciones de los conductores utilizados:**

- **Denominación:** General Cable EXZHELLENT XXI 1000V RZ1-K (AS).
- **Conductor:** Cobre, flexible clase 5
- **Aislamiento:** Polietileno reticulado (XLPE)
- **Cubierta Exterior:** Poliolefina termoplástica libre de halógenos
- **Tensión de aislamiento:** 0.6/1 kV
- **Secciones utilizadas:**  $4\text{ mm}^2$ ,  $10\text{mm}^2$ , y  $16\text{ mm}^2$ .
- **Normativa**
  - UNE 21123-4 - Norma constructiva
  - IEC 60502-1 - Norma constructiva
  - UNE-EN 60332-1-2 - No propagador de la llama
  - UNE-EN 60332-3-24 ó 25 - No propagador del incendio
  - UNE-EN 50267 - Baja acidez y corrosividad de los gases
  - UNE-EN 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos
  - IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama
  - IEC 60332-3-24 ó 25 - No propagador del incendio

#### **CANALIZACIONES Y REGISTROS:**

Todas las canalizaciones se realizarán en tubos corrugados de PVC en montaje superficial. Las canalizaciones serán de 16 mm de diámetro para cables de  $4\text{ mm}^2$ , 20 mm de diámetro para cables de  $6\text{ mm}^2$  y  $10\text{mm}^2$ . Las transiciones entre un tipo de canalización y otra se realizarán siempre a través de un registro.

En caso de que sea necesaria la utilización de registros, estos serán de PVC estancos y en su interior las conexiones se harán a través de regletas de conexión. El montaje de los registros se realizará colocando la cara posterior en la pared y se fijará con un tornillo de acero inoxidable en cada una de las cuatro esquinas. Para asegurar el aislamiento de la caja se dispondrán tapones de plástico en el interior del punto de fijación (aislando los tornillos).



**4. RESUMEN DE PRESUPUESTO**

Denominación: Instalación Minieólica en las Chumberas

Aerogeneradores Enair 30.....	23.965,26€	86,09% del total.
Instalación eléctrica.....	3.873,73€	13,91% del total.
Total ejecución material.....	27.838,99€	
3,00 % Gastos Generales.....	835,17€	
6,00 % Beneficio Industrial .....	1.670,34€	
Suma de G.G. y B.I. : .....	2.505,51€	
7,00 %IGIC.....	2.124,12€	
Total presupuesto contrata: .....	32.468,62	
Total Presupeusto General:.....	32.468,62	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de:

TREINTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

La Laguna, a 3 de Junio de 2014.

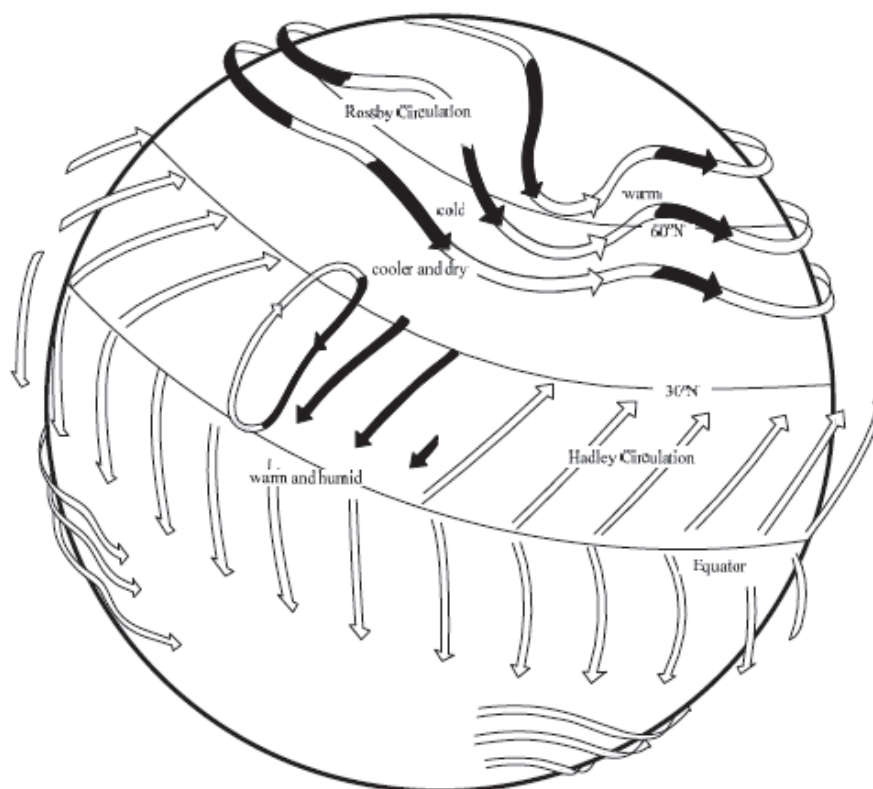
# **MEMORIA JUSTIFICATIVA**

## 1. EL RECURSO EÓLICO

### 1.1 EL VIENTO

La atmósfera puede ser considerada una gran máquina térmica, donde grandes masas de aire se mueven debido a las diferentes temperaturas que se dan a lo largo de todo el globo. El calentamiento de la tierra es más intenso cerca del ecuador y durante el día. Generalmente en estas zonas el aire caliente sube hasta capas altas de la atmósfera, por donde circula para más tarde caer en zonas más frías.

Además, a este movimiento debemos sumar el efecto Coriolis que se produce debido a la rotación terrestre: la velocidad de rotación es máxima en el ecuador y prácticamente nula en los polos, lo cual provoca que las masas de aire sufran desviaciones al variar su latitud. Este efecto es el que provoca, por ejemplo, que las borrascas giren en sentidos opuestos en ambos hemisferios.

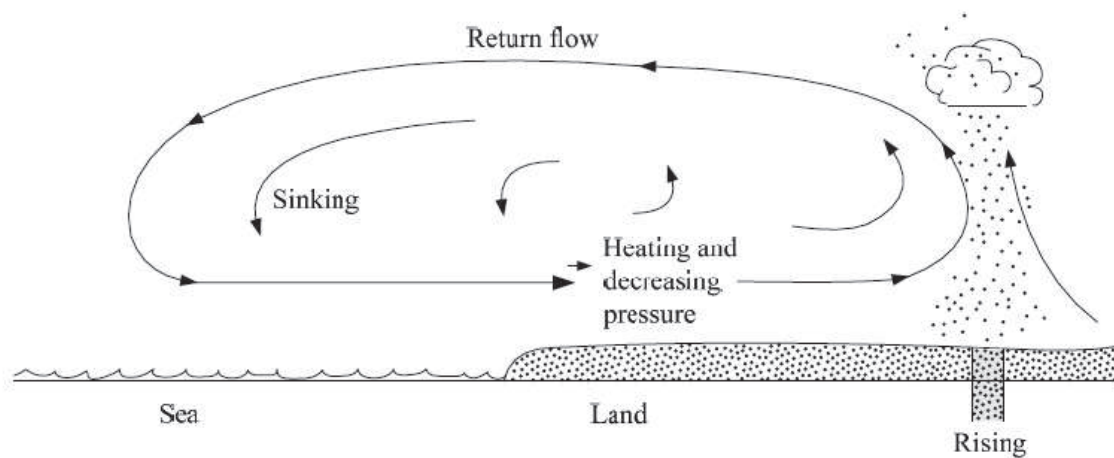


**Fig. 8** Circulación global de vientos. En negro circulación cerca del suelo.

**Fuente:** R.Gasch J.Twele *“Wind Power Plants Second Edition”*

A alturas bajas el viento se ve afectado principalmente por el rozamiento con el suelo, mientras que a altitudes mayores de mil metros<sup>1</sup> este efecto casi desaparece y se puede considerar que el movimiento del aire se produce por equilibrio entre la fuerza de Coriolis y las de presión. A este viento se le conoce como viento geostrófico.

Además, aparte de los grandes sistemas cíclicos globales, también hay sistemas a escala local, principalmente generados por las diferencias de temperatura. El más importante de estos sistemas de vientos locales son los vientos que se producen de día de mar hacia tierra y de noche en sentido contrario.



**Fig. 9** Circulación mar-tierra durante el día

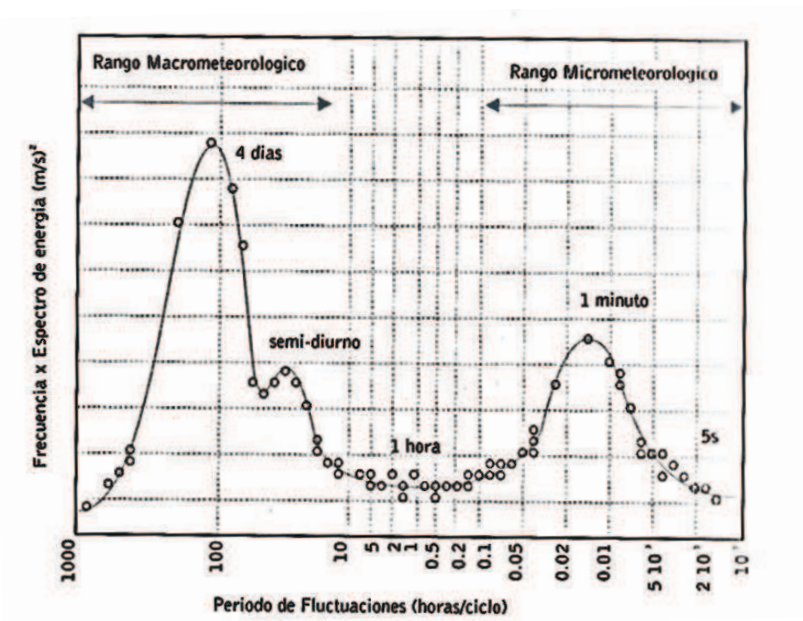
**Fuente:** R.Gasch J.Twele “*Wind Power Plants Second Edition*”.

## 1.2 LA VARIABILIDAD DEL VIENTO

Uno de los factores más importantes del viento es su gran variabilidad tanto espacial como temporal. Aunque a escala macroscópica el viento sigue patrones bien definidos, a una escala pequeña, las variaciones del viento son de naturaleza aleatoria y se hace necesario un análisis estadístico. Las variaciones del viento pueden ser mensuales, anuales e incluso de décadas enteras, lo cual genera mucha incertidumbre a la hora de calcular la rentabilidad potencial de un parque eólico. Para variaciones de mayor frecuencia cercanas

<sup>1</sup> Según R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”. Pag 29.

a pocos segundos, hablamos de turbulencias. A modo ilustrativo veamos cómo se distribuye la energía cinética del viento para las distintas frecuencias de variación:



**Fig. 10** Espectro típico de las fluctuaciones del viento en todas las escalas.

**Fuente:** R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”.

El área bajo la curva es la energía cinética media durante todo el periodo. Se observan tres picos: uno perteneciente a periodos cercanos al minuto, otro para periodos de aproximadamente un día, y otro en variaciones de cuatro días, que representa el paso núcleos de altas y bajas presiones (anticiclones y borrascas).

#### 1.4 VARIACIÓN DEL VIENTO CON LA ALTURA.

También es muy importante tener en cuenta la variación que la velocidad del viento sufre con la altura. A medida que se reduce la distancia al suelo aparece un efecto de rozamiento que provoca que el viento se frene. Este proceso de frenado ocurre en la capa límite terrestre, cuyo espesor varía mucho según las condiciones meteorológicas<sup>2</sup>.

En esta capa superficial se produce por tanto un gradiente de velocidades, una fórmula típica de esta variación es:

$$V = 2,5 * u * \left( \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) + \Psi \right)$$

<sup>2</sup> La capa límite terrestre puede variar desde 100m en noches frías y claras hasta varios kilómetros en días más calurosos R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”. Pag 36.

Donde:

$z$  es la altura en metros a la que queremos calcular la velocidad.

$V$  es la velocidad en m/s del viento que queremos hallar a la altura  $z$ .

$u$  es la velocidad de frección turbulenta.

$z_0$  es la rugosidad del terreno en metros.

$\Psi$  es una función que depende de la estabilidad atmosférica.

Sin embargo, está expresión es poco práctica, ya que contiene términos difíciles de calcular debido a la información que se precisa (flujo de calor entre el suelo y la atmósfera, por ejemplo).

Considerando que la atmósfera es neutra, es decir, que no hay intercambio de calor entre el suelo y esta, la expresión anterior puede expresarse a través de la siguiente ley logarítmica:

$$V = V(z_r) * \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_r}{z_0}\right)}$$

Donde:

$z$  es la altura en metros a la que queremos calcular la velocidad

$V$  es la velocidad en m/s del viento que queremos hallar a la altura  $z$

$z_r$  es la altura a la cual conocemos la velocidad  $V(z_r)$

$z_0$  es la rugosidad del terreno en metros.

Otra forma alternativa a la ley logarítmica es la siguiente ley potencial:

$$V = V(z_r) * \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha$$

Donde:

$\alpha$  es un coeficiente que depende de la rugosidad según la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{15,25}{z_0}\right)}$$

La rugosidad del terreno es uno de los factores más importantes y a la vez uno de los más complicados de calcular, ya que para dar un valor muy preciso habría que estudiar con mucho detalle como es el emplazamiento y su entorno (obstáculos presentes, edificios, etc...).

Tipo de terreno	Rugosidad (m)
Hielo	$10^{-5}$ a $3 \times 10^{-5}$
Agua	$10^{-4}$ a $3 \times 10^{-4}$
Hierba cortada	$10^{-3}$ a $10^{-2}$
Hierba alta	$10^{-2}$ a $4 \times 10^{-2}$
Terrenos rocosos	$10^{-2}$ a $5 \times 10^{-2}$
Pastos	0,1 a 0,3
Suburbios	0,5 a 1
Bosques	0,1 a 1
Ciudades	1 a 5

**Tabla 3 Valores típicos de la rugosidad**

**Fuente:** R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”.

Para comprender mejor como afecta la rugosidad a la forma de este gradiente de velocidades se a elaborado el siguiente script en Matlab para generar varias gráficas con distintos valores de rugosidad y utilizando ambas leyes (logaritmica y potencial):

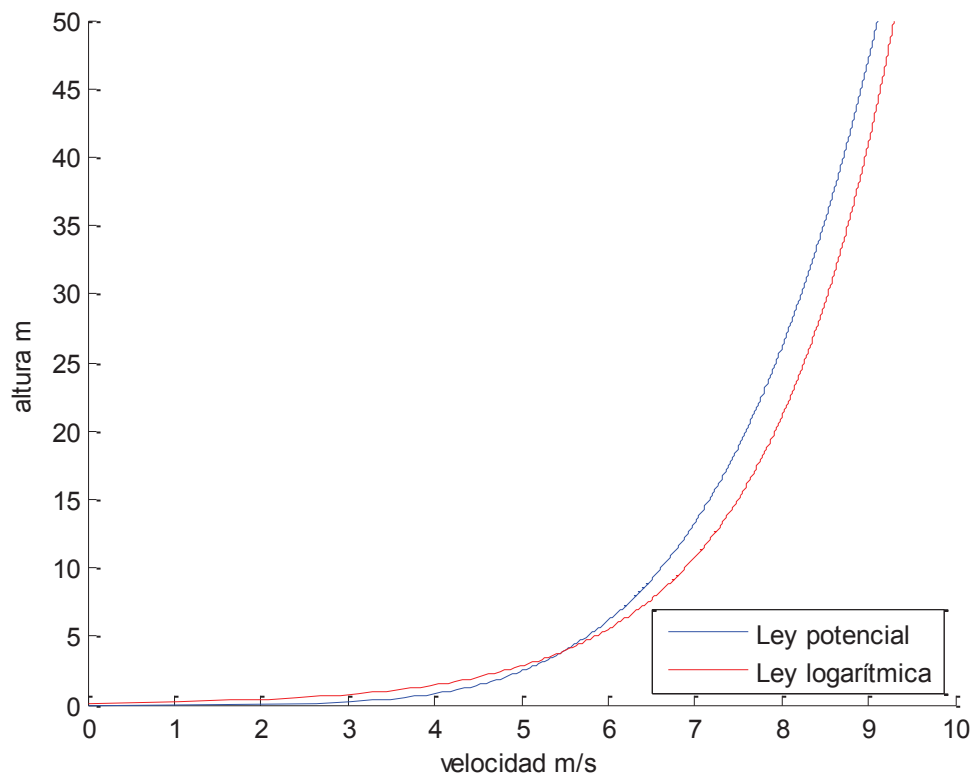
```

-----
% La velocidad de referencia es 10m/s a 80 metros de altura
close all
v_ref=10;
h_ref=80
% Matriz de rugosidades para comparar
z=[0.1 0.5 1 5];
h=0:0.1:50;
for i=1:1:4;
%Calculamos un perfil de velocidades para cada ley (potencial
y logarítmica)
alpha=1/(log(15.25/z(i)));
velo_pot= v_ref*((h./h_ref).^alpha);
velo_log= v_ref*(log(h./z(i)))/(log(h_ref/z(i)));
% Gráfica de comparación entre fórmulas para la variación de
la velocidad
% con la altura con ambas leyes
figure
hold on
plot(velo_pot,h,'b',velo_log,h,'r');
axis([0 v_ref 0 h(end)]);
legend('Ley potencial','Ley
logarítmica','location','SouthEast');
xlabel('velocidad m/s');
ylabel('altura m');
hold off
end
% Comparación para distintas rugosidades 0.01,0.05, 1, 5 y 10
hold on
plot(v_ref*(log(h_plot/0.1))/(log(h_ref/0.1)),h,'b');
plot(v_ref*(log(h_plot/0.5))/(log(h_ref/0.5)),h,'r');
plot(v_ref*(log(h_plot/1))/(log(h_ref/1)),h,'g');
plot(v_ref*(log(h_plot/5))/(log(h_ref/5)),h,'y');
plot(v_ref*(log(h_plot/10))/(log(h_ref/10)),h,'m');
legend('z0=0.1','z0=0.5','z0=1','z0=5','z0=10',
'location','NorthWest');
axis([0 v_ref 0 h(end)]);
xlabel('velocidad m/s');
ylabel('altura m');
hold off
-----

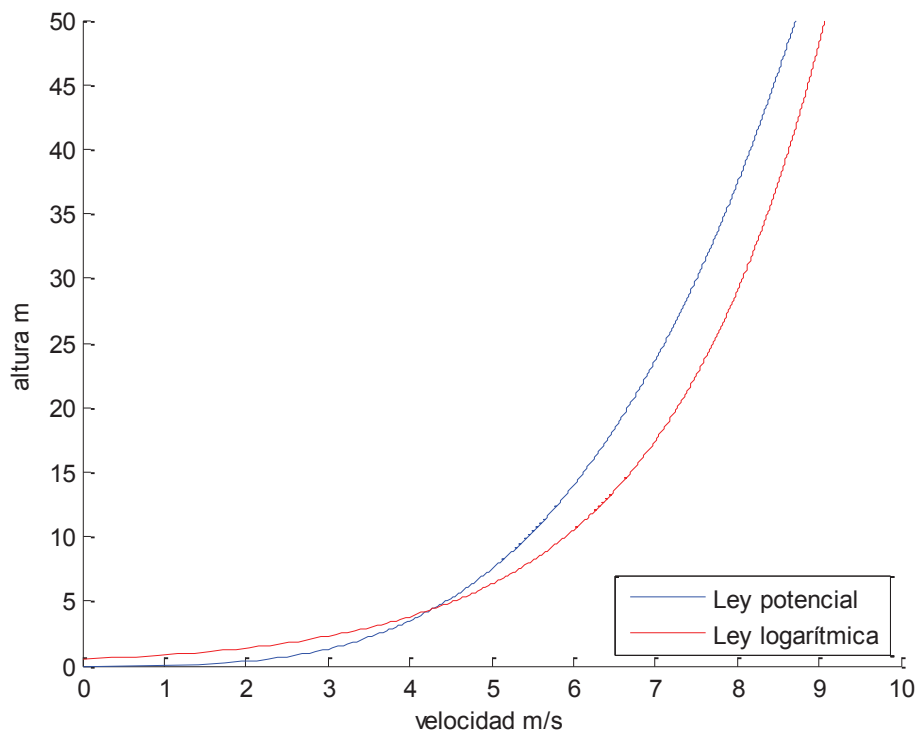
```

Se obtuvieron los siguientes resultados:

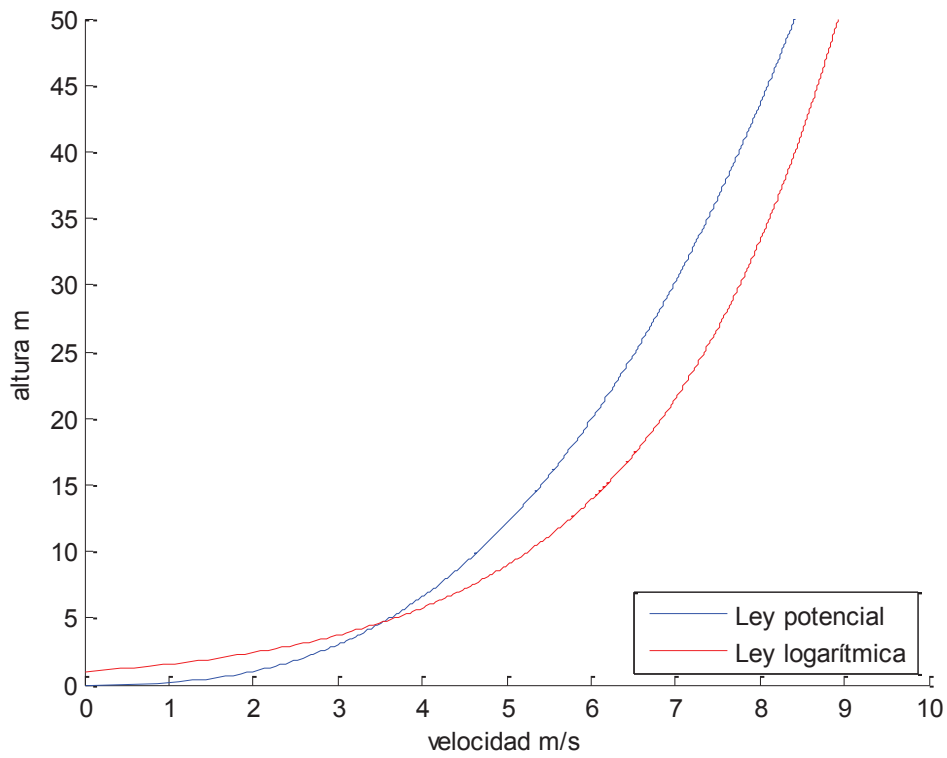




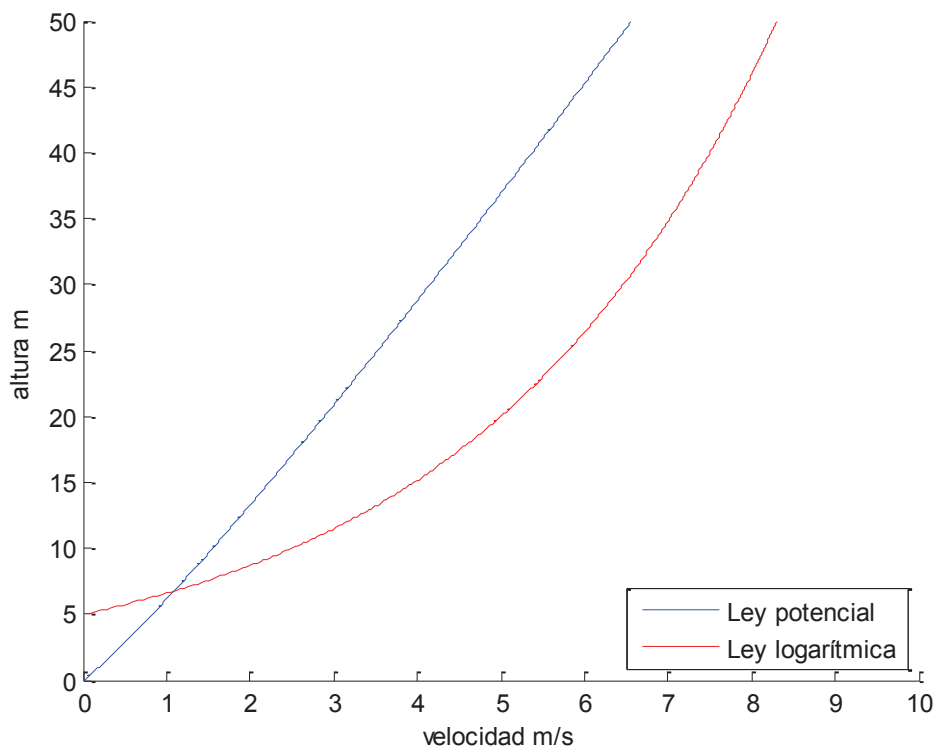
**Fig. 11 Comparación de ley logarítmica y ley potencial para  $z_0=0,1$**



**Fig. 12 Comparación de ley logarítmica y ley potencial para  $z_0=0,5$**



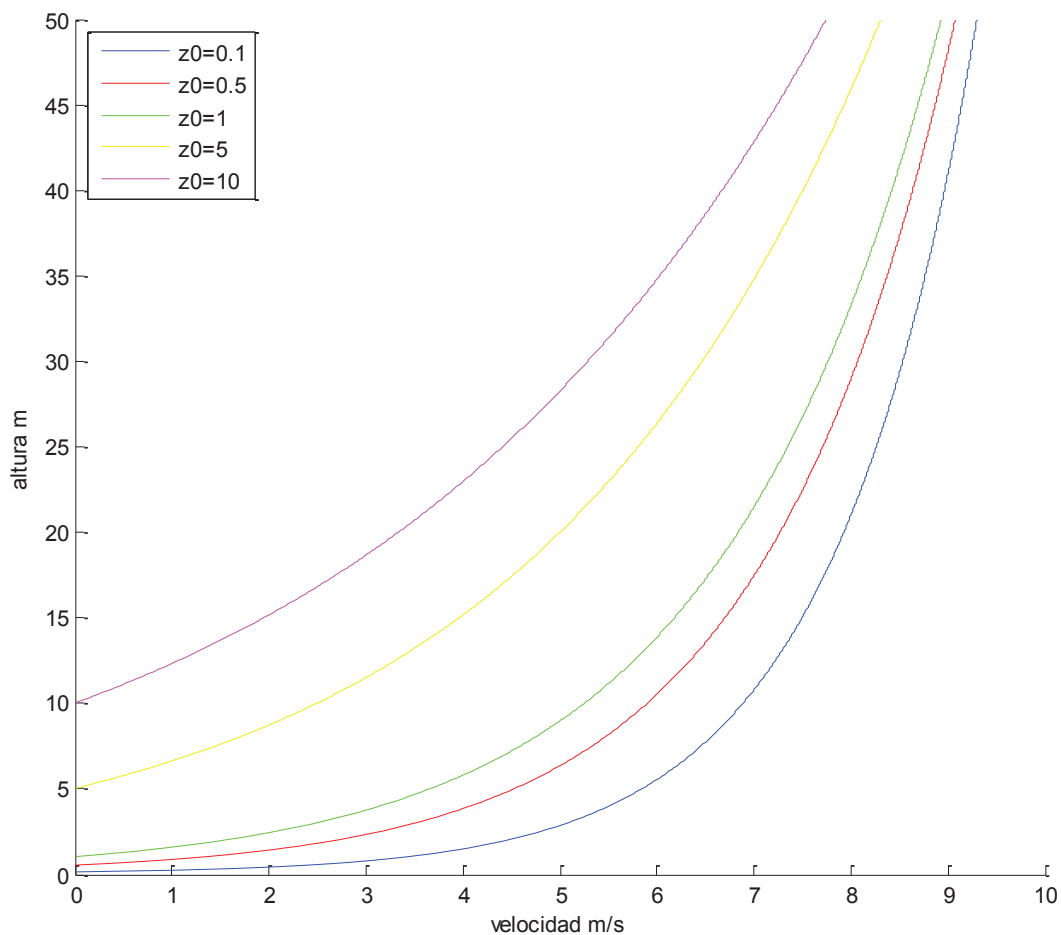
**Fig. 13** Comparación de ley logarítmica y ley potencial para  $z_0=1$



**Fig. 14** Comparación de ley logarítmica y ley potencial para  $z_0=5$

Como vemos en las figuras 11, 12 y 13 ambas leyes se comportan más o menos siempre de la misma forma, sin embargo para un valor alto de rugosidad,  $z_0=5$  Fig.14, la diferencia es bastante notable y la ley potencial es prácticamente una recta, lo cual hace pensar que la ley potencial es menos adecuada. Así que los cálculos posteriores se realizaron utilizando la ley logarítmica<sup>3</sup> debido a su mayor exactitud.

Veamos ahora una comparación de la ley logarítmica para distintas rugosidades:



**Fig. 15 Cambio del viento con respecto a la altura para distintos valores de rugosidad  $z_0$ .**

<sup>3</sup> En este modelo coinciden R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*” Pag 37 y R.Gasch,J.Twele “*Wind Power Plants Second Edition*” Pag120

En la Fig. 15, a medida que aumenta la rugosidad, la velocidad cambia cada vez más linealmente con la altura. Para valores pequeños de rugosidad, la velocidad del viento aumenta rápidamente al alejarnos del suelo, y luego se mantiene más o menos constante.

Por tanto, si queremos aprovechar de la forma más óptima posible el recurso eólico de un lugar debemos elevar el generador a una altura suficiente para evitar el efecto de frenado del aire. Por ello, se toma la decisión de que, en la instalación objeto del proyecto, los aerogeneradores irán montados sobre torretas de 7 metros de altura. Además al alejarnos del suelo, las turbulencias se harán más suaves y de menor frecuencia, alargando la vida útil de la instalación, ya que evitamos el prematuro deterioro del aerogenerador, por la fatiga que producen dichas turbulencias, en las distintas partes de este.

#### **1.4 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD.**

Para poder hacer una estimación de la producción energética de una instalación eólica necesitamos predecir la velocidad del viento durante un largo periodo de tiempo. Para ellos se suele utilizar la función de distribución acumulada o curva de duración del viento, que expresa la probabilidad de que la velocidad del viento  $V$  exceda un valor límite  $V_0$  durante un periodo determinado:

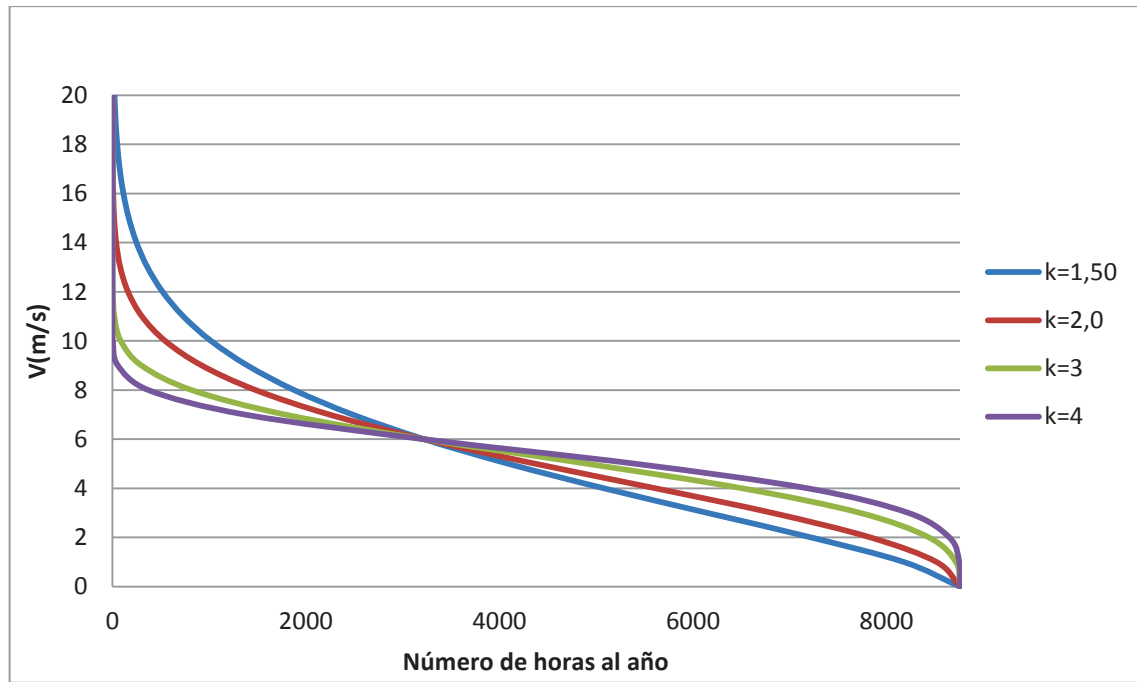
$$F(V_0) = P(V_0 < V)$$

La forma más usada de dicha función es la *distribución de Weibull*, dada por la siguiente ecuación:

$$F(V_0) = \exp\left(-\frac{V_0^k}{C}\right)$$

Donde  $C(m/s)$  es el factor de escala y  $k$  es el factor de forma de la distribución.

Cuando esta probabilidad se multiplica por 8760 horas se obtiene el número de horas al año que se espera que se exceda dicha velocidad. En la siguiente gráfica vemos la forma típica de esta curva para varios parámetros:

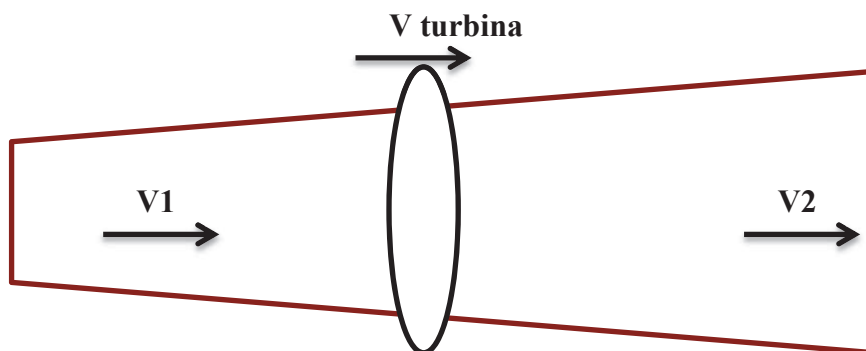


**Fig. 16 Curvas de Weibull de duración del viento.  $C= 6$  m/s.**

Utilizando esta curva y la curva de potencia del aerogenerador, se puede estimar fácilmente la energía que se producirá anualmente en una instalación.

**1.5 CONVERSIÓN DE ENERGÍA. LÍMITE DE BETZ.**

Todas las máquinas eólicas funcionan siguiendo el mismo principio: convertir la energía cinética del viento en energía cinética rotacional. Esto quiere decir que el viento pierde velocidad a su paso por el aerogenerador:



**Fig. 17 Velocidad del viento, al pasar por un aerogenerador.**

El viento se para, la mitad antes de pasar por el aerogenerador, y la otra mitad tras pasar por este. De tal forma que se cumple:

$$V_{turbina} = \frac{V1 + V2}{2}$$

Por tanto la potencia que se extrae del aire es:

$$P = \left( \rho V_{turbina} * \frac{\pi D^2}{4} \right) * \left( \frac{1}{2} (V1^2 - V2^2) \right)$$

Donde el primer factor representa la masa que atraviesa la turbina por unidad de tiempo y el segundo factor, la energía que pierde el aire por unidad de masa. Una forma adimensional de expresar esto es a través del coeficiente de potencia  $C_p$ , que se obtiene al dividir entre la potencia que poseía el aire antes de entrar en el aerogenerador:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} V1^3 \frac{\pi D^2}{4}}$$

Para ver como es este coeficiente de potencia se genera una gráfica utilizando el siguiente script en Matlab:

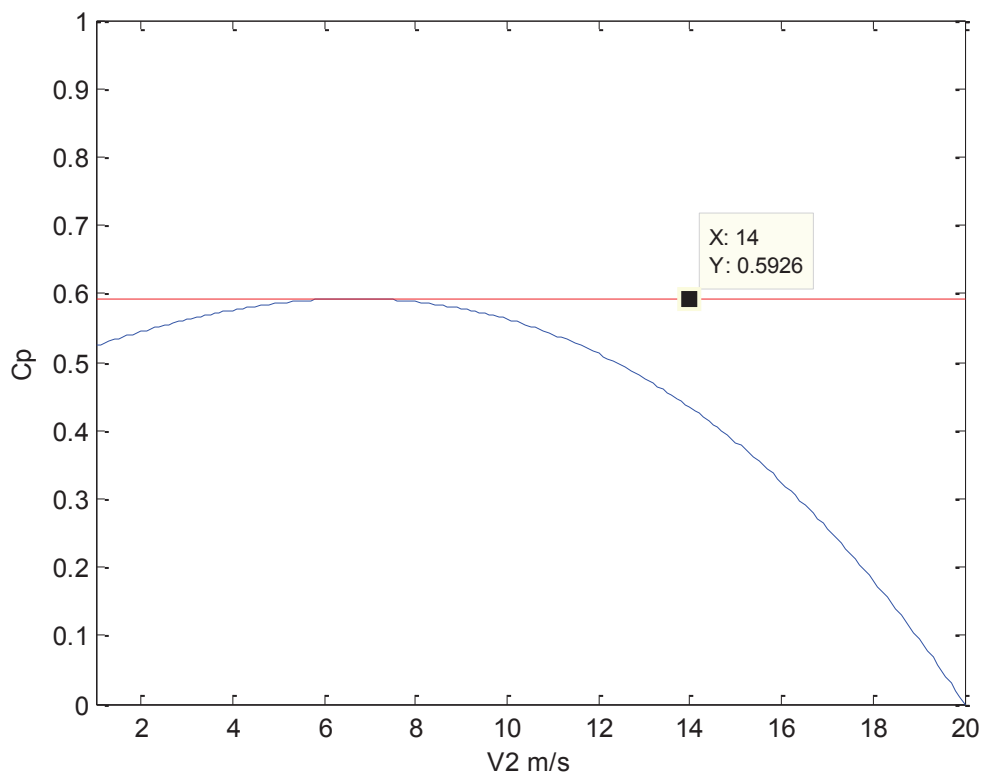
---

```

%Suponemos v1=20m/s y vemos que pasa para distintas velocidades de V2
V1=20;
V2=1:0.1:20;
Vturbina=(V1+V2)./2;
D=4;
ro=1;
P=ro.*Vturbina*pi*D^2/4*1/2.*(V1^2-V2.^2);
Cp=P./(1/2*ro*V1^3*pi*D^2/4);
lim(1:191)=max(Cp);
plot(V2,Cp,V2,lim,'r')
xlabel('V2 m/s');
ylabel('Cp');
axis([1 20 0 1]);

```

---



**Fig. 18 Coeficiente de potencia para distintas velocidades de V2.**

Como vemos en la Fig.18 el coeficiente de potencia, no llega nunca a uno, sino que tiene un máximo en 0,5926 (59,26%). A este límite se le conoce como *límite de Betz* y es el porcentaje máximo de potencia que un aerogenerador ideal podría extraer del viento. En la realidad, con aerogeneradores no ideales, este límite es inalcanzable, llegándose a valores cercanos al 50%.

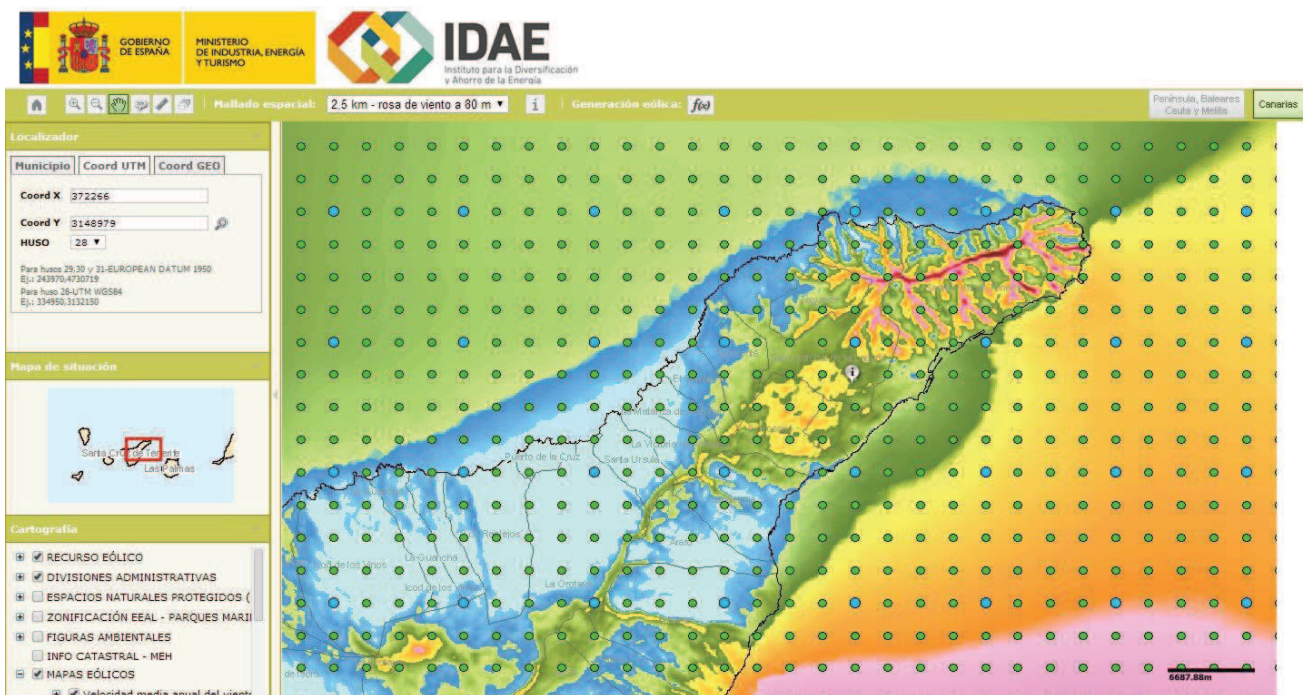
## 1.6 ESTIMACIÓN DEL RECURSO EÓLICO EN EL EMPLAZAMIENTO.

Para poder elegir el modelo de aerogenerador a utilizar primero debemos de conocer la curva de duración del viento del emplazamiento donde se va a llevar a cabo la instalación, para luego comparar la energía que producirían los distintos aerogeneradores disponibles en el mercado.

La web del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético) ofrece, en su sección Energías Renovables, un atlas eólico, en forma de una aplicación web de consulta de datos. La aplicación consiste en un mapa sobre el que se superpone una cuadrícula de puntos, de 2,5x2,5 (km). En cada punto tenemos la misma información para 16 direcciones:

- Velocidad media del viento.
- Parámetro k de Weibull.
- Parámetro C de Weibull.
- Frecuencia, porcentaje de horas al año que el viento sopla en esa dirección.
- Porcentaje de potencia que representa respecto del total.
- Rugosidad del terreno en dicho punto.

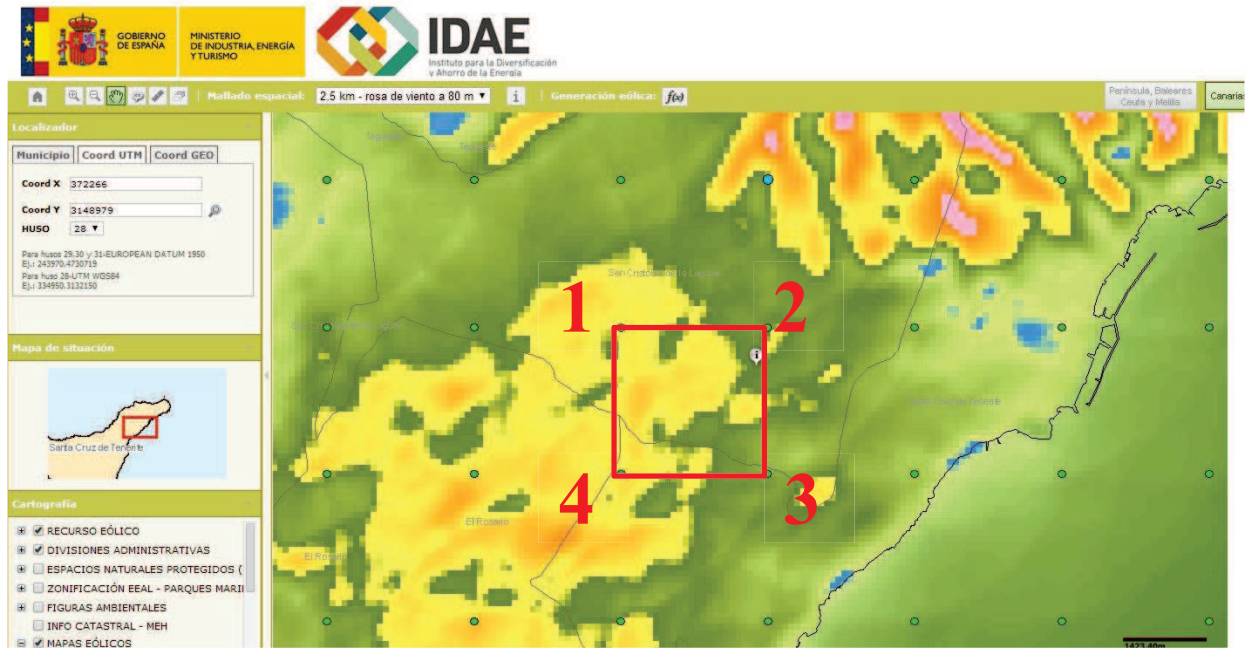
Todos estos datos son proporcionados a una altura de 80 metros sobre el nivel del suelo.



**Fig. 19** Imagen perteneciente a la aplicación del Atlas Eólico del IDAE

Ahora hay que encontrar el sector donde estará ubicada la instalación eólica, en este caso Decathlon, y obtener los datos para los 4 vértices de la cuadrícula:





**Fig. 20 Emplazamiento de la instalación, vértices numerados. Atlas Eólico del IDAE.**

La información en cada uno de los 4 puntos de la cuadrícula es la siguiente:

Coordenadas UTM(m): 369950,3149650 Rugosidad:0.3m				
Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s) a 80m	Weibull C (m/s) 80m	Weibull K
N	16,530	7,384	8,136	3,143
NNE	20,390	6,797	7,469	3,249
NE	16,830	6,336	6,928	3,351
ENE	9,970	5,703	6,284	3,286
E	5,460	5,283	5,809	2,652
ESE	3,060	5,443	6,054	2,035
SE	2,520	5,049	5,802	2,396
SSE	1,860	5,243	5,913	1,995
S	1,600	8,578	10,255	1,764
SSW	0,490	5,529	6,291	1,800
SW	0,220	2,234	2,505	2,500
WSW	0,330	3,695	4,031	1,851
W	2,250	8,651	0,010	2,369
WNW	4,280	7,657	8,514	2,200
NW	4,780	6,903	7,669	2,338
NNW	9,410	7,597	8,736	2,785

**Tabla 4 Datos del punto 1**

Coordenadas UTM(m): 372450,3149650 Rugosidad:0.75m				
Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s) a 80m	Weibull C (m/s) 80m	Weibull K
N	16,650	7,022	7,739	3,086
NNE	20,630	6,472	7,101	3,204
NE	16,700	6,017	6,561	3,288
ENE	9,620	5,404	5,951	3,215
E	5,230	4,993	5,524	2,619
ESE	2,940	5,107	5,692	2,000
SE	2,350	4,658	5,335	2,347
SSE	1,810	4,797	5,419	1,983
S	1,870	7,356	8,636	1,739
SSW	0,850	5,423	6,176	1,684
SW	0,300	2,326	2,608	2,441
WSW	0,410	3,425	0,004	1,933
W	2,430	0,008	9,246	2,366
WNW	4,160	7,243	8,019	2,188
NW	4,750	6,585	0,007	2,351
NNW	9,290	7,192	8,251	2,773

Tabla 5 Datos del punto 2

Coordenadas UTM(m): 369950,3147150 Rugosidad:0.1m				
Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s) a 80m	Weibull C (m/s) 80m	Weibull K
N	18,210	7,620	8,284	3,255
NNE	21,950	6,864	7,495	3,257
NE	16,490	6,275	6,788	3,418
ENE	9,550	5,379	5,889	3,400
E	5,180	4,757	5,137	2,545
ESE	3,060	4,844	5,321	1,883
SE	2,780	4,650	5,358	2,417
SSE	2,100	4,803	5,336	2,005
S	1,490	9,486	11,475	1,876
SSW	0,240	5,994	6,736	1,998
SW	0,130	1,780	1,990	2,521
WSW	0,130	2,489	2,720	2,229
W	0,630	7,312	8,306	2,003
WNW	4,120	7,954	8,888	2,047
NW	4,070	7,279	8,114	2,098
NNW	9,870	8,021	9,154	2,616

Tabla 6 Datos del punto 3

Coordenadas UTM(m): 372450,3147150 Rugosidad:0.3m				
Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s) a 80m	Weibull C (m/s) 80m	Weibull K
N	17,860	6,651	7,258	3,137
NNE	21,690	6,031	6,569	3,188
NE	16,390	5,517	5,963	3,294
ENE	9,250	4,785	5,242	3,263
E	4,980	4,288	4,682	2,541
ESE	2,910	4,341	4,791	1,895
SE	2,490	4,042	4,630	2,354
SSE	1,970	4,142	4,624	1,985
S	1,860	6,979	8,224	1,765
SSW	0,800	5,095	5,751	1,675
SW	0,260	2,012	2,248	2,380
WSW	0,290	2,714	2,969	2,067
W	1,370	6,804	7,722	2,252
WNW	4,000	6,862	7,606	2,089
NW	4,260	6,277	6,949	2,182
NNW	9,600	6,932	7,895	2,633

**Tabla 7 Datos del punto 4**

Ahora que ya tenemos la información de los cuatro puntos, debemos de calcular las distintas variables pertenecientes a las coordenadas exactas donde está situado Decathlon. Para ello, se optó por la utilización del programa de cálculo matemático Matlab.

### **Cálculo con Matlab**

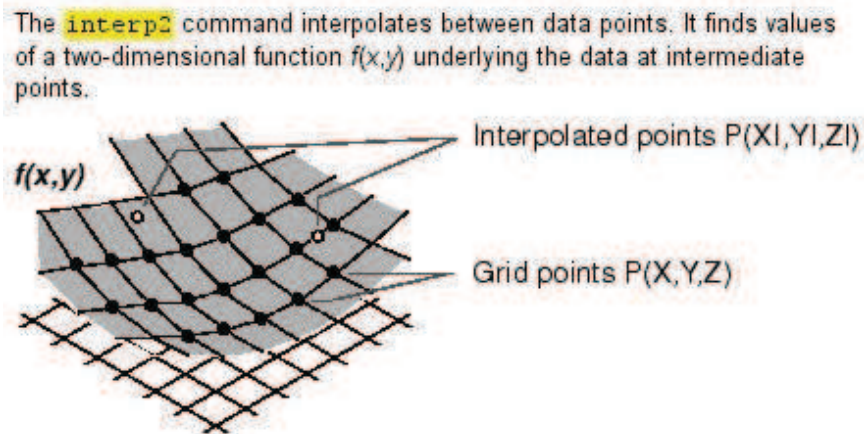
Para obtener los datos del viento en el emplazamiento de la instalación a partir de los datos proporcionados por el IDAE, podemos escoger entre dos opciones: la primera y más sencilla, si el lugar de interés coincide o está muy cerca de uno de los puntos con información del Atlas Eólico, podemos tomar esos datos.

La segunda opción es calcular a partir de los cuatro puntos los valores en el punto deseado, que fue la opción escogida.

Para ello, se realizó una interpolación lineal de cada una de las variables en cada una de las direcciones, utilizando la función *interp2* que incluye Matlab. Esta función necesita como argumentos de entrada:

- Una malla de puntos: en este caso las coordenadas UTM de los 4 vértices anteriores.

- Una matriz de los datos que se quieren interpolar correspondientes a cada punto: velocidades, frecuencias, etc.
- El punto dentro de la malla en el que se quiere interpolar: Coordenadas UTM del Decathlon



**Fig. 21 Representación gráfica de la función *interp2***

Para trabajar en Matlab se introdujeron todos los datos de las tablas 4, 5, 6 y 7 en distintas matrices para cada una variables: velocidades, rugosidades, frecuencias, potencias y el factor de forma de Weibull  $k$ . Para obtener el factor de escala  $C$  no basta con realizar una interpolación, si no que se calcula a partir de la velocidad media y el factor de forma, tal y como indica la siguiente expresión:

$$C = \frac{V_{ave}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

Donde  $\Gamma$  es la función gamma.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que los datos facilitados por el IDAE son de velocidades medias a 80 metros de altura. Por lo tanto antes de calcular el factor de escala de la distribución Weibull del emplazamiento, debemos calcular las velocidades medias de cada punto a la altura de la instalación, que es 25m.

Para hacer el cálculo más sencillo, se elaboró el siguiente script de Matlab:

```
-----  
%Coordenadas X UTM de los vértices  
x=[369950,372450];  
%Coordenadas Y UTM de los vértices  
y=[3147150,3149650];  
%Coordenadas UTM del punto de interés en el cual se realizará  
la interpolación  
punto=[372266,3148979];  
h=25;  
h_ref=80;  
%Primero bajamos todas las velocidades a una altura h  
utilizando las  
%rugosidades de cada punto  
for i=1:16;  
velo_suelo(i,1)=  
velo(i,1)*(log(h/rug(1,1)))/(log(h_ref/rug(1,1)));  
end  
for i=1:16;  
velo_suelo(i,2)=  
velo(i,2)*(log(h/rug(1,2)))/(log(h_ref/rug(1,2)));  
end  
for i=1:16;  
velo_suelo(i,3)=  
velo(i,3)*(log(h/rug(2,1)))/(log(h_ref/rug(2,1)));  
end  
for i=1:16;  
velo_suelo(i,4)=  
velo(i,4)*(log(h/rug(2,2)))/(log(h_ref/rug(2,2)));  
end  
%Interpolamos el resto de las variables  
for i=1:16;  
datos=[frec(i,1),frec(i,2);frec(i,3),frec(i,4)];  
frec_inter(i,1) = interp2(x,y,datos,punto(1), punto(2));  
end
```

```
for i=1:16;
datos=[pot(i,1),pot(i,2);pot(i,3),pot(i,4)];

pot_inter(i,1) = interp2(x,y,datos,punto(1), punto(2));
end

for i=1:16;
datos=[velo_suelo(i,1),velo_suelo(i,2);velo_suelo(i,3),velo_s
uelo(i,4)];
velo_suelo_inter(i,1) = interp2(x,y,datos,punto(1),
punto(2));
end
%Calculamos el parámetro C a partir de la velocidad
interpolada a %altura h
for i=1:16;
param_c_cal(i,1) =
velo_suelo_inter(i,1)/(gamma(1+1/param_k_inter(i,1)));
end
```

---

De esta forma obtenemos finalmente todos los datos del emplazamiento:

DECATHLON UTM(m): 372266,3148979 Rugosidad≈0.40				
Dirección	Frecuencia (%)	Velocidad (m/s) a 25m	Weibull C (m/s)	Weibull K
N	17,552	5,335	5,941	3,366
NNE	21,415	4,856	5,406	3,391
NE	16,481	4,462	4,963	3,454
ENE	9,372	3,905	4,349	3,365
E	5,062	3,528	3,968	2,682
ESE	2,928	3,584	4,046	2,085
SE	2,471	3,325	3,748	2,477
SSE	1,935	3,414	3,855	2,136
S	1,837	5,675	6,408	2,174
SSW	0,776	4,1	4,621	1,912
SW	0,262	1,628	1,837	2,365
WSW	0,312	2,264	2,556	2,052
W	1,611	5,622	6,333	2,555
WNW	4,052	5,508	6,212	2,431
NW	4,382	5,03	5,669	2,502
NNW	9,534	5,538	6,206	2,961
Promedios ponderados según la frecuencia		4,7198	5,2737	3,1005

Tabla 8 Datos del recurso eólico a 25 m de altura para las distintas direcciones.

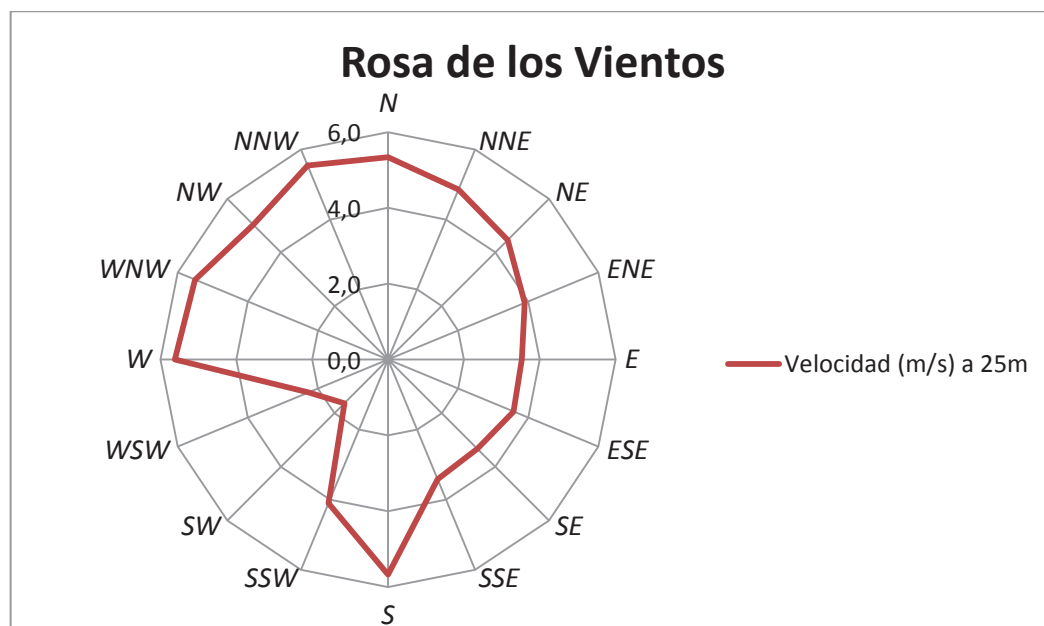


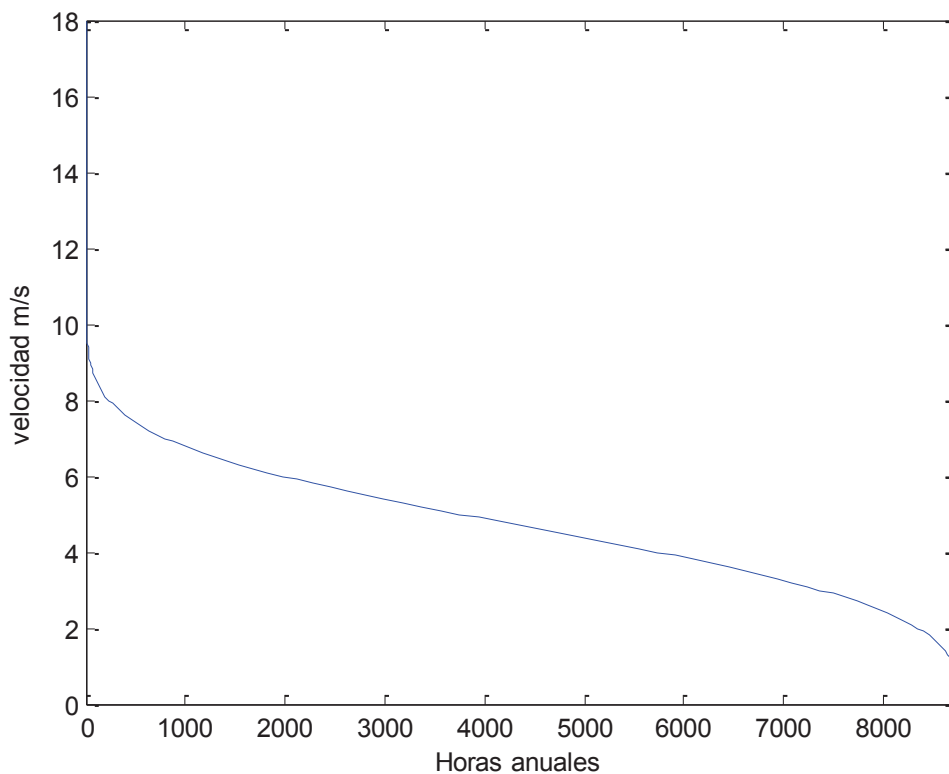
Fig. 22 Rosa de los vientos del emplazamiento a 25m de altura

Para el aerogenerador, la dirección del viento es un factor irrelevante dado que puede orientarse libremente en cualquier dirección. Por lo tanto tener una distribución de Weibull para cada dirección no es útil, así que se realizó un script donde se calculaba una media ponderada (según la frecuencia de cada dirección) para quedarnos con una única velocidad media, un único factor de escala  $C$  y un único factor de forma  $k$ .

```
-----
%Medias ponderadas según la frecuencia para la velocidad, los
%distintos parámetros, para el lugar de de la instalación a
%25m
media=sum(velo_suelo_inter.*frec_inter/sum(frec_inter));
k=sum(param_k_inter.*frec_inter/sum(frec_inter));
c=sum(param_c_cal.*frec_inter/sum(frec_inter))
%Creamos un vector de velocidades para aplicar la Weibull
x=1:0.1:18;
y=1-wblcdf(x,c,k);
temp =y*(8760);
%Gráfica de la curva de duración del viento
plot(x,temp);
```

Obteniéndose la siguiente curva de duración del viento para el emplazamiento:





**Fig. 23** Curva de duración del viento a 25m de altura en el emplazamiento de la instalación.

Esta es la información que necesitábamos, así que podemos pasar a la elección del aerogenerador, ya que esta curva junto con la curva de potencia que nos proporciona el fabricante, nos permitirá calcular la energía que podremos obtener anualmente de forma muy aproximada.

### 1.7 ELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

Para la elección del aerogenerador se consideraron importantes las siguientes características:

- El generador debía de ser de imanes permanentes u otra tecnología que no necesitara de una fuente de energía eléctrica externa para entrar en producción.
- El sistema de orientación debía ser pasivo, es decir, no depender de fuentes eléctricas externas.
- Velocidad de arranque, lo más baja posible.
- Cantidad de energía generada, la mayor posible, cumpliendo las condiciones anteriores.

Utilizando estos criterios se preseleccionaron 3 aerogeneradores:

### **ENAIR 30**

- Generador de imanes permanentes de neodimio-24polos.
- Velocidad nominal: 12m/s.
- Potencia nominal: 1500W.
- Potencia máxima: 3000W.
- Velocidad de arranque: 2m/s.
- Control de velocidad: Sistema de paso variable pasivo, centrífugo.
- Número de palas: 3

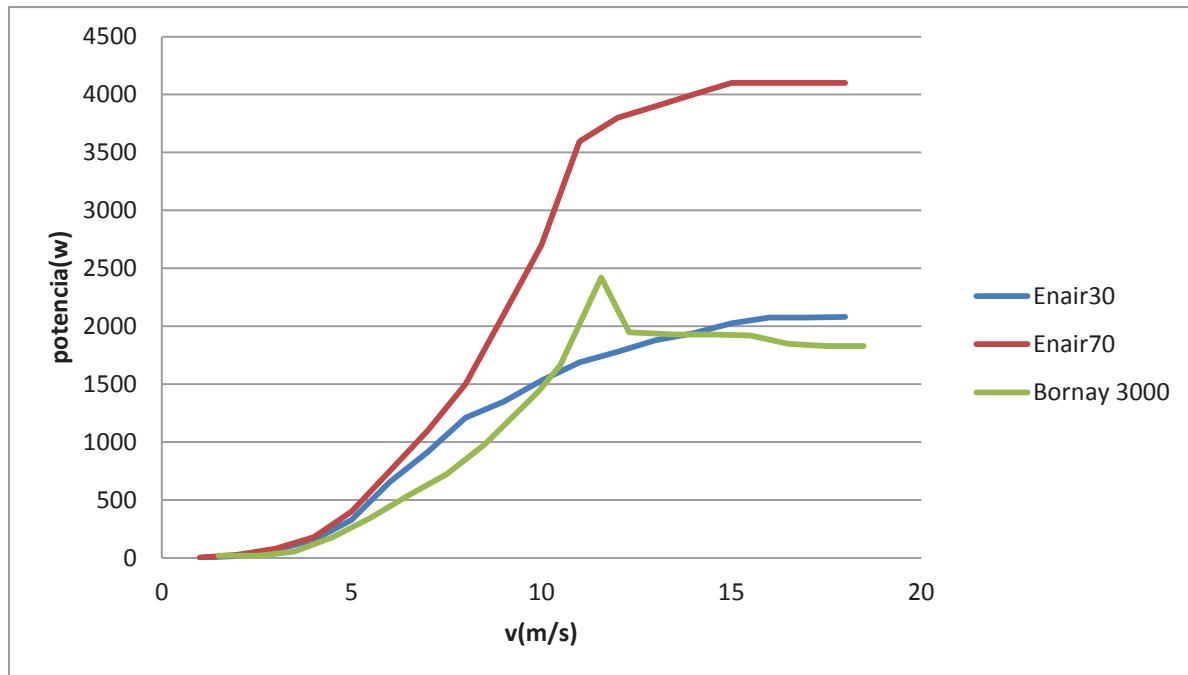
### **ENAIR 70**

- Generador de imanes permanentes de neodimio-24polos.
- Velocidad nominal: 11m/s.
- Potencia nominal: 3500W.
- Potencia máxima: 5.500W.
- Velocidad de arranque: 2m/s.
- Control de velocidad: Sistema de paso variable pasivo, centrífugo.
- Número de palas: 3

### **BORNAY 3000**

- Generador de imanes permanentes de neodimio.
- Velocidad nominal: 11m/s.
- Potencia nominal: 3000W.
- Velocidad de arranque: 3.5m/s.
- Control de velocidad: Sistema de paso variable pasivo, centrífugo.
- Número de palas: 2

A continuación se muestran las curvas de potencia proporcionadas por el fabricante para cada uno:



**Fig. 24** Curvas de potencia para los distintos aerogeneradores preseleccionados

El BORNAY 3000 queda descartado, pues siendo su curva muy similar a la curva del ENAIR 30, su velocidad de arranque es mayor, 3,5m/s. Además esta velocidad de arranque está muy próxima a la velocidad media que hemos calculado en el emplazamiento, 4.71m/s, lo cual significa que este modelo pasaría mucho tiempo parado.

Tras esto, a simple vista podríamos decir que el ENAIR 70 es mejor opción, que el ENAIR 30 ya que proporciona mayores potencias, pero esto no es un factor determinante, así que necesitamos saber cuánta energía produciría cada aerogenerador en el emplazamiento. Para ello necesitamos combinar las curvas de potencia de los aerogeneradores con la curva de duración del viento, y calcular el área bajo la curva resultante, ya que esta área es la cantidad de energía que se producirá anualmente. Una vez más, se realiza un script en Matlab para hacer más sencillo y preciso el cálculo:

```

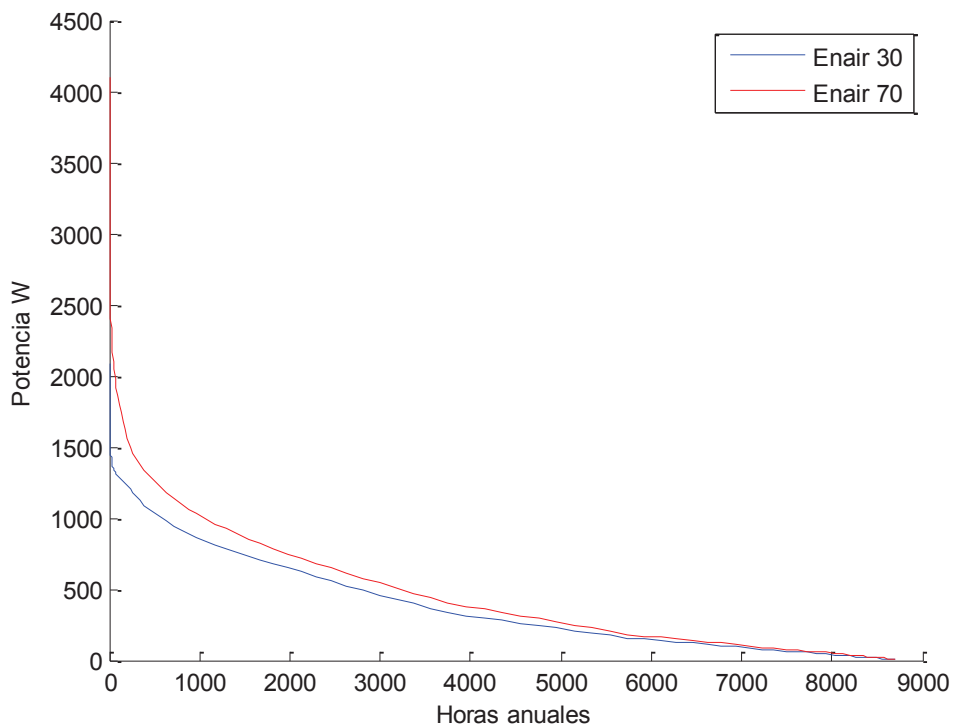
close all
%Medias ponderadas según la frecuencia para la velocidad, los distintos
%parámetros, para el lugar de de la instalación a 25m
media=sum(velo_suelo_inter.*frec_inter/sum(frec_inter));
k=sum(param_k_inter.*frec_inter/sum(frec_inter));

```

```
c=sum(param_c_cal.*frec_inter/sum(frec_inter))
x=1:0.1:18;
y=1-wblcdf(x,c,k);
temp =y*(8760);
temp2 = interp1(enair30(:,1),enair30(:,2),x);
hold on
plot(temp,temp2,'b');
kwh_anual_enair30_weibull_media=trapz(temp2,temp)/1000;
x=1:0.1:18;
temp2 = interp1(enair70(:,1),enair70(:,2),x);
y=1-wblcdf(x,c,k);
temp =y*(8760);
kwh_anual_enair70_weibull_media=trapz(temp2,temp)/1000;
plot(temp,temp2,'r');
xlabel('Horas anuales');
ylabel('Potencia W');
legend('Enair 30','Enair 70')
hold off
```

---

De aquí se obtiene:



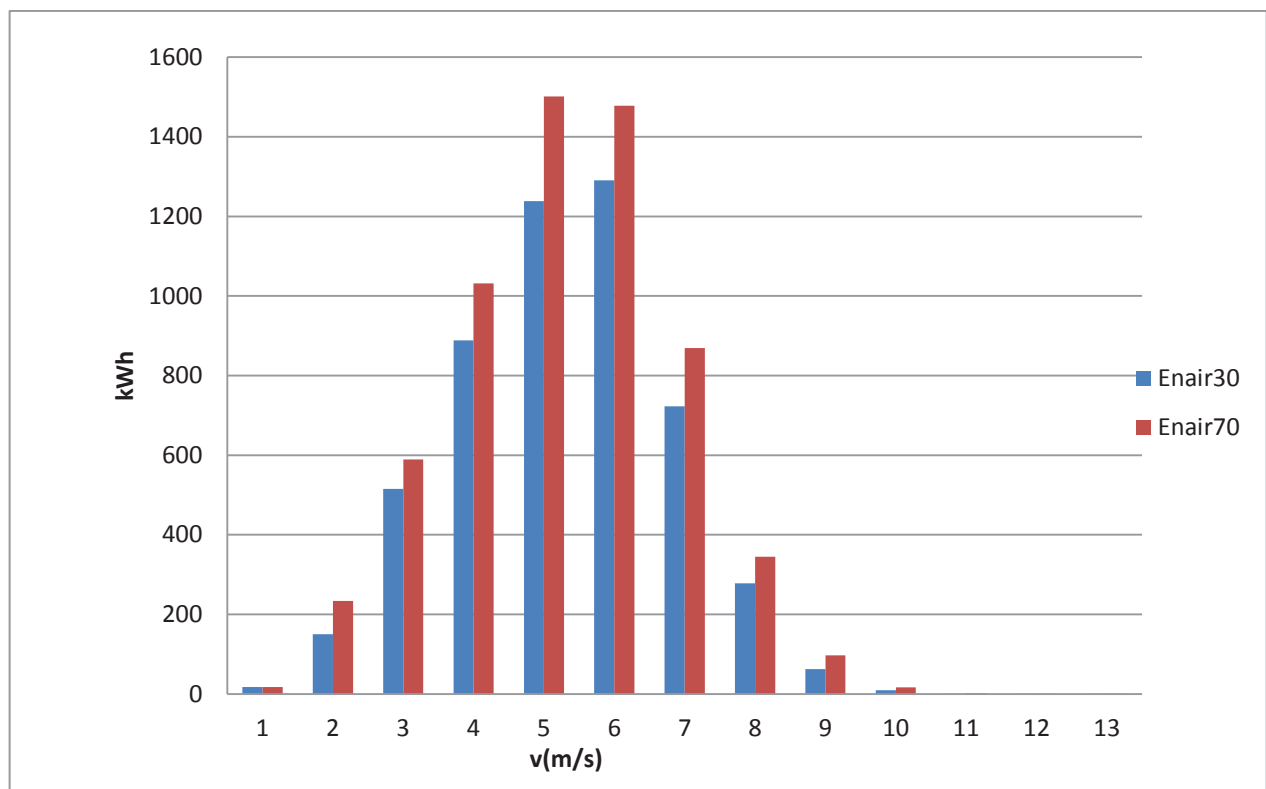
**Fig. 25 Potencia anual para los aerogeneradores ENAIR 30 Y ENAIR 70**

La Fig.17 se obtiene al combinar la curva de potencia del aerogenerador con la curva de duración de viento del emplazamiento. El área bajo esta curva es la energía producida por el aerogenerador anualmente. El área se calcula utilizando la función *trapz* que tiene implementada Matlab.

Finalmente, la estimación de la energía generada por cada aerogenerador es la siguiente:

- **Energía total ENAIR30:** 5173 kWh al año.
- **Energía total ENAIR70:** 6179 kWh al año.

Esta energía producida anualmente por cada aerogenerador y para cada velocidad se distribuye aproximadamente de la siguiente forma:



**Fig. 26 Energía producida para cada velocidad por los aerogeneradores ENAIR 30 y ENAIR 70**

Si dividimos esta energía producida por la potencia nominal de cada generador y por el número de horas al año (8760 horas), obtenemos el factor de utilización *FC*. Este es un indicativo de cuanto estamos aprovechando la capacidad del aerogenerador, ya que si se produjera un caso en el que siempre soplara el viento por encima de la velocidad nominal, de forma que siempre se estuviera generando por encima de la potencia nominal, este

factor sería mayor o igual a uno. Esto no ocurre nunca, así que factores de utilización mayores de un 20% se consideran aceptables y por encima de 30% buenos<sup>4</sup>.

- **FC ENAIR30:** 39%.
- **FC ENAIR70:** 20%.

Según este criterio, el ENAIR 30 trabajaría bastante bien en este emplazamiento. Sin embargo tampoco es un factor determinante en la toma de la decisión ya que la energía anual que se ha estimado es 1000 kWh mayor para el ENAIR 70.

Sin embargo, el coste del aerogenerador y los inversores que habría que montar son superiores, por tanto no queda claro cuál de las dos opciones es la mejor. Por lo cual la instalación de uno u otro aerogenerador dependerá del análisis del ahorro neto total de la energía y los costes asociados a la instalación.

Así que se optó por realizar un pequeño estudio de rentabilidad a 25 años, que es la vida útil que establece el fabricante como mínimo para ambos modelos.

### **1.7.1 ESTUDIO DE RENTABILIDAD**

Al principio se pensó en la posibilidad de realizar una instalación destinada a la venta de energía. Esta instalación, entraría dentro de la categoría b.2.1 (instalaciones eólicas en tierra) establecida Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Según la Orden IET/221/2013, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, el precio de venta de esta energía sería:

- Primeros 20 años 8,1247 cent €
- A partir de entonces 6,7902 cent €

Estos precios, unidos a los distintos impuestos que habría que pagar, hacen totalmente imposible que la instalación fuese rentable. Por tanto, solo queda la opción de realizar la instalación para autoconsumo.

---

<sup>4</sup> R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”. Pag 89.

Al ser una instalación para autoconsumo, el beneficio económico que se obtiene es el ahorro que se produce al dejar de comprar parte de la energía a la empresa comercializadora.

Para el estudio de rentabilidad realizado, se han considerado, durante un periodo de 25 años, los siguientes supuestos:

- Precio del kWh (Endesa, Tarifa General Grandes Consumidores): 0,1469 €
- Un aumento del 1,5% del precio del kWh.
- Impuesto sobre la electricidad (Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, Art. 64). Base imponible: 1,05113 Tipo impositivo: 4.86%
- IGIC Reducido 3% sobre la factura eléctrica
- Gastos de mantenimiento y operación: estimado un 1% sobre el precio del aerogenerador<sup>5</sup>.
- Instalación de tres aerogeneradores, cada uno en una torreta y con el correspondiente inversor SMA adecuado a la potencia suministrada por este
- En el décimo año, por cualquier motivo, hay que sustituir uno de los aerogeneradores de la instalación.

INSTALACIÓN ENAIR 30	Precio €	Cantidad	Total €	Producción kWh/año	
Enair 30 220V	5442,02	3,00	16326,06	Unitaria	Grupo
INVERSOR SMA WINDY BOY 3300 W - C.RED - C. SMART GRID	1217,30	3,00	3651,90	5173,00	15519,00
Torre cuatripata Autosoportable P400-7m	865,15	3,00	2595,45		
	Total €		22573,41		

**Tabla 9 Coste grupo ENAIR 30.**

INSTALACIÓN ENAIR 70	Precio €	Cantidad	Total €	Producción kWh/año	
Enair 70 220V	8549,02	3,00	25647,06	Unitaria	Grupo
INVERSOR SMA WINDY BOY 5000 TL Bluetooth - C.RED - C. SMART GRID	2467,02	3,00	7401,06	6179,00	18537,00
Torre cuatripata Autosoportable P400-7m	865,15	3,00	2595,45		
	Total €		35643,57		

**Tabla 10 Coste grupo ENAIR 70.**

<sup>5</sup> R.Gasch,J.Twele “*Wind Power Plants Second Edition*” establece que los gasto de operación y mantenimiento estan entre 2,5% y 4% del coste total, para grandes aerogeneradores. Como en este caso hablamos de generadores de pequeña potencia este valor es inferior.

Para deducir cuál de las 2 opciones es la económicamente más favorable vamos a fijarnos en uno de los indicadores más utilizados. El VAN (Valor Actual Neto) se define como el valor presente de los flujos de caja durante un periodo determinado, los cuales han sido generados por una inversión. La forma de calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Fc_t}{(1+k)^t} - I$$

$Fc$  es el flujo de caja en el periodo  $t$ ,

$K$  es el tipo de interés.

$I$  es la inversión inicial.

$N$  es el número de periodos considerado.

El valor de  $k$  para el cual el VAN se hace 0, se conoce como TIR (Tasa interna de rentabilidad). Por tanto un proyecto es más rentable cuanto mayor sea el TIR, ya que si es grande quiere decir que el proyecto tiene un buen margen de ganancias, dentro del periodo calculado. Por tanto, para la elección final del modelo de aerogenerador, nos basaremos en el TIR.

En este caso obtenemos los siguientes resultados (Ver ANEXO II “Estudio económico”):

- TIR para instalación con tres aerogeneradores ENAIR 30 = 8,89%
- TIR para instalación con tres aerogeneradores ENAIR 70 = 5,39%

**Por tanto, finalmente el modelo escogido es el ENAIR 30.**

Para este modelo de aerogenerador se escoge el inversor **SMA Windy Boy 3300W**, que proporciona un rendimiento del 95.6% para la potencia media que suministrará el aerogenerador. Este inversor proporciona múltiples opciones de ajuste, y puede configurarse para que se desconecte en el caso de que la instalación interior no demandase energía, de esta forma evitamos la posibilidad de que se vuelque energía a la red exterior a coste cero.



### **1.8 ESTELAS Y DISPOSICIÓN DE LOS AEROGENERADORES.**

Cuando se planifica una instalación eólica, normalmente se tiende a agrupar varios aerogeneradores para aprovechar al máximo la energía disponible en el emplazamiento, Sin embargo el efecto de interferencia entre los aerogeneradores es un factor muy importante, ya que estos trabajan extrayendo energía cinética del viento, por lo que esta energía es menos abundante en la estelas.

Además en las estela, la intensidad de la turbulencia es mayor, y tanto más significativa cuanto más estable es la atmósfera en ese momento. Estas turbulencias generan cargas no permanentes en las máquinas a sotavento, con la disminución de la vida útil que esto conlleva, por la fatiga que soportan los materiales.

Este efecto dañino puede evitarse separando los aerogeneradores a distancias entre 6 y 10 diámetros para evitar el efecto directo de las estelas en las máquinas a sotavento y entre 2 y 3 diámetros para evitar el efecto lateral de las mismas<sup>6</sup>, en el caso de grandes aerogeneradores. En nuestro caso el diámetro de los aerogeneradores es 3.2m, por tanto una separación de 12 metros entre aerogeneradores evitará que se produzca sombra eólica entre ellos.

Además de respetar las separaciones que se acaban de exponer, para hacer más eficiente la instalación, los aerogeneradores deben ir colocados de tal forma que cuando el viento sopla en la dirección predominante del emplazamiento no hayan aerogeneradores a sotavento de otros, es decir, que la estela de un aerogenerador no provoque una disminución de potencia en el resto. De la rosa de los vientos (Fig.14), se deduce que las direcciones predominantes en nuestra instalación son las de componente norte, así que la disposición más favorable es poner la línea de aerogeneradores perpendicular al norte.

Teniendo en cuenta estas dos restricciones, un radio de 12 metros entre aerogeneradores y la orientación que debe tener la línea, la mejor disposición es la indicada en el plano “Instalación Eléctrica y Aerogeneradores”.

---

<sup>6</sup> Según R.Amenedo y otros “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”. Pag 59.

## 1.9 DISPOSICIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.

Para facilitar tareas de supervisión y mantenimiento, se ha optado por centralizar todos los equipos eléctricos y electrónicos asociados a los aerogeneradores: interruptor de frenado, resistencias de frenado, reguladores eólicos e inversores. Todos irán en una estancia anexa al cuarto de la escalera de acceso a la azotea.

Dicha estancia deberá estar correctamente ventilada, a fin de evacuar el calor producido por los equipos y alargar la vida útil de los mismos, y deberá considerarse la utilización de ventilación forzada si la ventilación normal es insuficiente.

## 2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### CONDUCTORES.

Entre cables de PVC y XLPE se ha elegido aislamiento XLPE dado los altos índices de toxicidad que presenta el humo liberado por el PVC cuando se originan incendios en las instalaciones.

### CAÍDA DE TENSIÓN.

Los conductores han sido elegidos en función de la caída máxima de tensión que pueden tener. La ITC-BT-40 especifica que la caída de tensión máxima hasta la instalación interior debe ser menor o igual al 1,5%. Además ponemos como condición que la caída de tensión entre el aerogenerador y los reguladores eólicos se sitúe en torno al 0.5%. Calculamos la caída de tensión para cada circuito y, luego, el porcentaje:

$$\text{Circuitos trifásicos} \rightarrow e = R\sqrt{3}I_{prev}\cos(\varphi); \quad e\% = \frac{e}{U_T}$$

$$\text{Circuitos monofásicos} \rightarrow e = 2RI_{prev}\cos(\varphi); \quad e\% = \frac{e}{U_M}$$

$$\text{donde } R = \frac{\rho L}{S}; L \text{ en metros y } S \text{ en } mm^2$$

El valor de la conductividad  $\rho$  está tabulado (Anexo II del REBT) y su valor depende de la temperatura; para el cálculo de la caída de tensión escogemos el caso más desfavorable que se produce para la temperatura máxima que puede soportar el conductor ( $T^a=90^\circ C$ ).

$$\rho_{20Al} = 0.036 (^\circ C^{-1}) \quad \text{y} \quad \rho_{20Cu} = 0.023 (^\circ C^{-1})$$

Para el cálculo se supone que el generador alcanza su pico de potencia: 3000W.

Siguiendo los criterios anteriores para el aerogenerador 3, el más alejado, es necesario utilizar cables de  $10\text{mm}^2$ . Para el aerogenerador 2 basta con cables de  $6\text{mm}^2$  y para el aerogenerador 1,  $4\text{mm}^2$ . Al elegir las secciones de esta forma conseguimos ahorrar dinero (el cable de  $10\text{mm}^2$  es más caro) y también que la caída de tensión sea muy parecida en los 3 circuitos. A la salida de los inversores tenemos corriente monofásica. Para cumplir que la caída sea menor a 1.5% hasta la red interior se escoge una sección de cable de  $6\text{mm}^2$ . Ver tablas 11 y 12 de dimensionamiento eléctrico.

### **PROTECCIONES MAGNETOTÉRMICAS.**

Se colocarán interruptores automáticos magnetotérmicos para que todos los circuitos estén protegidos ante sobrecargas y sobreintensidades.

Determinamos el poder de corte de los magnetotérmicos mediante el cálculo de la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{U}{R_{cc}}; \quad R_{cc} = \frac{\rho_{20} * 2L}{S}; \quad L \text{ en metros y } S \text{ en } \text{mm}^2$$

Escogemos el caso más desfavorable  $T^a=20^\circ\text{C}$  (cuanto menor sea la temperatura menor será la resistencia de cortocircuito y, por consiguiente, mayor el valor de la intensidad de cortocircuito).

$$\rho_{20_{Al}} = 0.029 \Omega\text{mm}^2/\text{m} \quad \text{y} \quad \rho_{20_{Cu}} = 0.018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

### **PROTECCIONES DIFERENCIALES.**

Se colocarán interruptores diferenciales evitar riesgos originador por el contacto eléctrico, ya sea directo (la persona toca el elemento en tensión) o indirecto (la persona entra en contacto con una masa). El diferencial cortará de forma automática la alimentación después de la aparición de un fallo para impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.

Circuito	Aerogen 1	Aerogen 2	Aerogen 3
Tipo	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Int (A)	4,33	4,33	4,33
Tipo de aislamiento	XLPE	XLPE	XLPE
Montaje	Conductores aislados en tubos en montaje superficial		
Tabla ITC-BT-19	B-8	B-8	B-8
Sección (mm <sup>2</sup> )	10	6	4
Int. Max. (A)	60	44	34
Longitud (m)	112,5	73,5	35,5
C.T. (V)	1,92	2,09	1,51
e% (%)	0,48	0,52	0,38

**Tabla 11 Dimensionamiento eléctrico de los circuitos de los aerogeneradores.**

Los inversores incorporan también un fusible tipo neozed de hasta 25A, los cuales protegerán a los conductores que salen de los aerogeneradores. En consecuencia los magnetotérmicos deberán de ser de una intensidad nominal menor a 25A, para que actúen antes que los fusibles y los inversores queden bien protegidos.

Circuito	Inversor1-Red interior	Inversor1-Red interior	Inversor1-Red interior
Tipo	Monofásico	Monofásico	Monofásico
Int (A)	13,04	13,04	13,04
Tipo de aislamiento	XLPE	XLPE	XLPE
Montaje	Empotrados en obra	Empotrados en obra	Empotrados en obra
Tabla ITC-BT-19	B-8	B-8	B-8
Sección (mm <sup>2</sup> )	6	6	6
Int. Max. (A)	34	34	34
Longitud (m)	25	25	25
C.T. (V)	2,47	2,47	2,47
e%(%)	1,07	1,07	1,07
Prot sobrec (A)	16	16	16
Modelo	LEGRAND 16A/6kA REF:402416	LEGRAND 16A/6kA REF:402417	LEGRAND 16A/6kA REF:402418
Rcc	0,242	0,242	0,242
Icc (KA)	0,952	0,952	0,952
Prot cc (KA)	2,5	3,5	4,5
Prot Diferencial	LEGRAND 25A/30mA REF:402057	LEGRAND 25A/30mA REF:402058	LEGRAND 25A/30mA REF:402059

**Tabla 12 Dimensionamiento eléctrico de los circuitos de enganche a la red interior.**

### 3 BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS WEB UTILIZADOS.

- R.Amenedo, Burgos Díaz, A.Gómez, 2003 “*Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eléctrica*”
- R.Gasch,J.Twele “*Wind Power Plants Second Edition*”
- Atlas Eólico del IDEA, recurso web disponible en la dirección:  
<http://atlaseolico.idae.es/meteosim/>
- Documentación técnica Enair 30 y 70:  
[http://www.enair.es/files\\_minieolica/descargas/manual\\_aerogenerador\\_enair\\_30\\_70.pdf](http://www.enair.es/files_minieolica/descargas/manual_aerogenerador_enair_30_70.pdf)
- Documentación Técnica Bornay  
<http://www.bornay.com/es/espana/productos/aerogeneradores/bornay-3000#descargas>
- Editorial McGraw Hill, “*Reglamento electrotécnico para baja tensión 1 Edición*”

# **PLIEGOS DE CONDICIONES**

## **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **1.1 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de importancia en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- 1º. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato o empresa o arrendamiento de obra..
- 2º. El presente Pliego de Condiciones.
- 3º. El resto de la documentación del proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto). En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la escala.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA BAJA TENSIÓN.**

### **2.1 CONDICIONES FACULTATIVAS.**

#### **TECNICO DIRECTOR DE OBRA.**

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a la obra, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver los problemas que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de la obra (si hubieran), la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.

- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto y a las normas técnicas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

### **CONSTRUCTOR O INSTALADOR.**

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

### **VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.**

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.



El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

#### **PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN LA OBRA.**

El Constructor o Instalador está obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

#### **TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE.**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

### **INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

### **RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico.

Contra disposiciones de orden técnico no se admitirá reclamación alguna. No obstante, el Contratista puede exponer sus razones a la Dirección Facultativa y será la misma quién decida si se realizará dicha modificación, pudiendo adoptar otras alternativas si así lo considera.

### **FALTAS DE PERSONAL.**

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los

trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

### **REPLANTEO.**

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico Facultativo.

### **COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.**

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado, desarrollándolas en la forma necesaria para que la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con dos días de antelación.

### **ORDEN DE LOS TRABAJOS.**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### **FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS.**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

**AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR.**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

**PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR.**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico.

Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

**RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA.**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

**CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

**OBRAS OCULTAS.**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación de la instalación, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos;

estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres.

### **TRABAJOS DEFECTUOSOS.**

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado, también, en dicho documento. En caso de faltas y defectos en las unidades de obra, si dichas unidades de obra no cumplen con las normas fijadas en éste pliego de condiciones, será responsabilidad del Constructor.

### **LIMPIEZA DE LAS OBRAS.**

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto y para que no sean motivo de accidente.

### **DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA.**

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

### **PLAZO DE GARANTÍA.**

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

### **PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA.**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que deberán realizarse

las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

### **DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA.**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en un plazo de 15 días, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

## **2.2 CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS.**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- ◆ Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc.,

los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán Gastos Generales:

- ◆ Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Serán un 16% del PEM (Presupuesto de Ejecución por Contrata).

Beneficio Industrial:

- ◆ El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6% del PEM.

Precio de Ejecución Material:

- ◆ Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los costes directos e indirectos únicamente.

Precio de Contrata:

- ◆ El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

### **PRECIOS CONTRADICTORIOS.**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

### **RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

### **ACOPIO DE MATERIALES.**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

#### **PAGOS.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

#### **IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS.**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra, y su valor será el acordado entre la Propiedad y el Contratista necesitando, no obstante, la aprobación de la Dirección Facultativa pudiendo ésta exigir modificaciones.

#### **USO POR EL CONTRATISTA DEL EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO.**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza, que será un porcentaje acordado entre Contratista y Propietario y aprobado por la Dirección Facultativa.

### **2.3 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.**

#### **CONDICIONES GENERALES.**



Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y las Normas UNE a las que en él se hacen referencia, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

El Contratista o Instalador debe ceñirse a la adquisición de las unidades de obra proyectadas no pudiendo cambiarlas. Si no fuera posible la obtención de una determinada unidad de obra será la Dirección Facultativa quien determine qué unidad de obra cumple con las especificaciones técnicas requeridas y, por consiguiente, qué unidad de obra debe adquirirse. El Constructor o Instalador no podrá sustituirla por otra sin previa autorización por escrito de la Dirección Facultativa.

El Contratista o Instalador realizará los montajes según lo especificado en la Memoria y en los Planos y respetará las dimensiones de las unidades de obra aquí establecidas, así como las decisiones de diseño.

## **SEGURIDAD.**

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- ◆ Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- ◆ En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- ◆ Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- ◆ Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- ◆ Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- ◆ No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- ◆ En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- ◆ Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

### **LIMPIEZA.**

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

# **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

## **1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES**

### **1.1 OBJETO**

Este estudio tiene como objeto definir las medidas encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a las empresas y contratistas para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de seguridad y Salud.

### **1.2 AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

El Estudio de Seguridad y Salud ha sido realizado por Oliver González Hernández.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.**

**Denominación:** Instalación minieólica en las zona de las Chumberas

**Tipo de ejecución:** Montaje de aerogeneradores e instalación eléctrica de baja tensión.

**Autor del proyecto:** Oliver González Hernández

**Emplazamiento del local:** Autopista TF-2 s/n

**Presupuesto de Ejecución Material (PEM):** 27838 €

**Total aproximado de jornadas:** 5

### **1.4 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA.**

**Accesos a la obra:** acceso por carretera dese zona residencial y zona comercial.

**Topología del terreno:** Llana

**Características de las edificaciones colindantes:** Edificios residenciales/ Centros comerciales

**Suministros de energía eléctrica:** Existente

**Suministros de agua:** Existente

## **1.5 PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA**

Primeros auxilios: Botiquín Portátil en la obra.

Asistencia primaria: Centro médico local, a 1km.

Asistencia especializada: Hospital Universitario de Canarias, a 1 km

## **1.6 MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PRESENTES EN LA OBRA:**

- Maquinaria portátil con partes rotativas y cortantes.
- Escaleras portátiles, andamios, plataformas elevadoras y grúa.

## **2 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

Se han considerado todos los riesgos posibles durante la realización de las obras. Estos riesgos pueden o no presentarse, e función de los traajos que finalmente deban desarrollarse.

### **2.1 CAÍDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL**

#### **Riesgos:**

- Caída por deficiencias en el suelo
- Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo
- Caída por existencia de vertidos o líquidos

#### **Medidas preventivas:**

- Se deberán respetar y cumplir las señalizaciones y/o delimitaciones.
- Mantener la atención en los desplazamientos, evitando distracciones y prisas que puedan provocar un accidente.
- En el transporte manual de materiales, evitar la obstaculización de la visibilidad del recorrido con la carga.
- Mantener en todo momento el orden y la limpieza en las áreas de trabajo; una vez finalizado el trabajo, se recogerá toda la herramienta y/o material utilizado. Depositar las basuras y desperdicios en recipientes adecuados.
- No colocar material, cajas, equipos de trabajo, etc. en zonas de paso.

- Eliminar con rapidez los derrames, vertidos, manchas de aceite y demás residuos.
- En medida de lo posible, no tender cables, conducciones, mangueras, etc., al nivel del suelo de la zona de trabajo. Solicitar la instalación de canaletas, cuadros cercanos a la zona de trabajo, etc.
- Utilizar ropa y calzado adecuados para el trabajo que se realiza (ropa de trabajo y botas de seguridad) así como mantenerlos en buen estado. El calzado deberá ofrecer un apoyo estable al trabajador, impidiendo el deslizamiento de éste. Prestar atención a los cordones.

## 2.2 CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL

### Riesgos:

- Caídas desde escaleras portátiles
- Caída desde andamios, plataformas temporales y elevadores

### Medidas preventivas:

- En trabajos en altura a más de 2 m, sin posibilidad de disponer de barandillas u otro tipo de protección colectiva, y en alturas inferiores a 2 m cuando el entorno pueda generar accidentes con consecuencias graves, se utilizarán sistemas anticaídas sujetos a partes sólidas.
- Se utilizarán los equipos de protección individual adecuados (calzado de seguridad, casco de seguridad así como arnés de seguridad y dispositivo anticaídas cuando no existan protecciones colectivas o estas estén deterioradas).
- En caso de utilizar escaleras de mano:
- No subir o bajar cargado de herramientas o materiales si las mismas comprometen su seguridad, bien por su peso o bien por sus dimensiones.
- Subir de cara a la escalera utilizando ambas manos.
- Las escaleras de mano se utilizarán de la forma y con las limitaciones establecidas por el propio fabricante.
- En el caso de andamios:
- Los andamios solo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección de una persona
- con formación adecuada y específica para las operaciones previstas. El montaje se realizará siguiendo las instrucciones suministradas por el propio fabricante.

- Se limitará el acceso a la zona de trabajo, evitando el paso de personal por debajo.

**En el caso de cestas elevadoras y/o plataformas de trabajo:**

- La maquinaria de elevación serán utilizadas solo y exclusivamente por personal autorizado por la propia empresa y que previamente haya recibido la formación específica pertinente.
- Antes de usar este tipo de equipos deben leerse las Instrucciones de Uso Especificadas por el fabricante.
- Antes de implantar la cesta y/o plataforma elevadora en el área de trabajo, comprobar el estado y nivelación de la superficie de apoyo

**2.3 CAIDA DE OBJETOS**

En los trabajos en altura, las herramientas no deben dejarse sobre andamios o lugares similares desde donde puedan caer y provocar daños a las personas.

**2.4 CHOQUES Y GOLPES****Riesgos:**

- Choques contra objetos o materiales
- Golpes por objetos o materiales
- Golpes por herramientas manuales
- Golpes por herramientas eléctricas portátiles

**Medidas preventivas:**

- Seleccionar las herramientas correctas para cada trabajo y no usar las para otros fines que no sean los suyos específicos, ni sobrepasar las prestaciones para que técnicamente han sido concebidas.
- Utilizar herramienta manual, útiles, etc., de buena calidad, correctamente diseñada, que tengan la dureza apropiada y los mangos o asas bien fijos.
- No realizar modificaciones ni acoplamientos en las herramientas que utilice, salvo que estén diseñadas para ello.
- Limpieza y mantenimiento de las herramientas.
- Verificar el buen estado de conservación de las herramientas antes de usarlas.

- Depositar herramientas en lugares como pasillos, escaleras u otros lugares inseguros.

## **2.5 ATRAPAMIENTOS**

### **Riesgos**

- Atrapamiento por herramientas manuales
- Atrapamiento por herramientas portátiles eléctricas
- Atrapamiento por mecanismos de máquinas

### **Medidas preventivas:**

- No retirar las carcasas de protección de los engranajes, poleas, árboles, ejes, etc.
- No anular ni modificar los dispositivos de seguridad con los que van equipadas las máquinas.
- No acercar las manos a partes de máquinas ni herramientas en movimiento.
- Utilizar equipos de protección individual. Hacer uso continuo y adecuado de casco y botas de seguridad con puntera reforzada.
- Si se aprecia la inexistencia, el deterioro o el mal funcionamiento de algún resguardo o dispositivo de protección de alguna máquina, no deberá ser utilizada.
- No utilice máquinas averiadas. Señalizarse con una inscripción de “Prohibido manejar la máquina” y mantenerla con los dispositivos de desconexión bloqueados y sin energía.

## **2.6 CORTES**

### **Riesgos:**

- Cortes por herramientas portátiles eléctricas
- Cortes por herramientas manuales

### **Medidas preventivas:**

- Cuidar herramientas manuales:
  - o Que se encuentren siempre debidamente afiladas.
  - o Que sus cabezas metálicas carezcan de rebarbas



- Que los mangos o empuñaduras estén exentos de grietas o aristas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas.
- Transportar las herramientas de forma segura. Se deben llevar en cajas, maletas o bolsas, con los filos y las puntas recogidas. Para subir a una escalera, hay que transportarlas en una cartera, en una cartuchera fiada en la cintura o en una bolsa bandolera y nunca colocadas en los bolsillos.
- Guardar las herramientas ordenadas, limpias y en un lugar seguro. En todos los casos deben almacenarse con la punta y el filo protegidos.
- Cuando deje de emplear temporalmente una herramienta portátil colóquela de tal forma que no pueda provocar contactos accidentales con sus partes peligrosas y con sus cables desconectados y recogidos.
- Los útiles de corte de las herramientas portátiles que no estén acoplados a las mismas permanecerían recogidos en los lugares previstos para ello y protegidos mediante fundas.
- Asegurar que durante las labores de limpieza, colocación o cambio de útil y ajuste de la maquinaria, no se produzca la puesta en marcha involuntaria.

## **2.7 CARGA FISICA**

### **Riesgos**

- Esfuerzos al empujar o tirar objetos
- Esfuerzos por el uso de herramientas
- Movimientos bruscos
- Movimientos repetitivos
- Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas
- Espacios de trabajo

### **Medidas preventivas:**

- Los principios a tener en cuenta para la prevención de enfermedades y lesiones de tipo músculo-esqueléticas derivadas de una carga física son los siguientes:
- Mantener la muñeca y el antebrazo rectos.
- Mantener los codos lo más cerca posible del cuerpo.
- Mantener la espalda relajada.

- Mantener aproximadamente 90° entre brazo y antebrazo.
- Evitar actividades por detrás del plano del pecho.
- Posturas de trabajo
- Si la postura de trabajo es sentada:
  - Evite inclinaciones, estiramientos, empujones y posturas forzadas.
  - Si lleva cargas, no realice giros bruscos
  - -Cambie de postura al menos cinco minutos cada hora.
  - Evite los giros e inclinaciones frontales o laterales del tronco.
- Mantenga la espalda bien apoyada (especialmente la zona lumbar en un respaldo adecuado.
- El asiento debe de ser firme sin resultar duro.

## **2.8 PROYECCIONES**

### **Riesgos**

- -Impacto de fragmentos o partículas sólidas
- -Partículas incandescentes

### **Medidas preventivas:**

- Hacer uso de los equipos de protección individual necesarios para el desarrollo de los distintos trabajos (gafas de protección ocular, pantalla facial, etc.). Asegurar la compatibilidad de uso de estos equipos con otros elementos de protección siempre que sea necesario (por ejemplo: protección auditiva).
- Utilice equipos de protección individual (gafas de seguridad) siempre que existan riesgos residuales de proyección de partículas o elementos que no estén controlados
- Herramienta manuales:
  - Evitar el uso de herramientas de corte o abrasión en las proximidades de personas no protegidas. Cuando las características del lugar lo requieran, deberá procederse a acotar y señalizar convenientemente la zona en previsión de accidentes derivados del acceso de personas no protegidas a la misma.
- En los trabajos sobre piezas de pequeño tamaño no fijas, deberá procederse a garantizar la sujeción para evitar los riesgos derivados de un desplazamiento inesperado.

**Máquinas y máquinas herramientas:**

- Se deberá prestar especial atención a los calentamientos anómalos de los equipos e instalaciones eléctricas (cables, motores, armarios, etc.). En estos casos será necesaria su inmediata desconexión así como señalar su estado hasta ser revidado.
- Atender a las instrucciones del fabricante en relación con el uso de equipos con llama o capaces de inducir altas temperaturas (motores, quemadores, soporte, etc.).
- Hacer uso de los equipos de protección individual necesarios para el desarrollo de los trabajos (guantes, mandiles, polainas y protección facial).
- Radiales y similares
- Tener cuidado con las radiales. Utilizar el equipo de protección adecuada (guantes, gafas de seguridad,
- etc.), pero sobre todo ser consciente de que el disco, después de haber actuado sobre la pieza a repasar, estará muy caliente y puede provocar una quemadura en cualquier parte del cuerpo.

# CONCLUSIONES

**Conclusiones respecto al contenido del TFG.**

- Una instalación eólica solo es viable en zonas donde el recurso eólico es abundante y estable todo el año.
- El recurso eólico debe ser analizado correctamente para realizar una buena estimación de la producción de una instalación.
- Aún a pesar de realizar de manera correcta todos los cálculos, y llegar a estimaciones muy cercanas a la realidad, la energía eólica depende de muchos factores difíciles de calcular, que hacen que haya una cierta incertidumbre. No podemos saber con certeza, por ejemplo, cuanto tiempo estará parado un aerogenerador por la ausencia de viento.
- La energía minieólica de momento solo es rentable cuando esta energía se destina al consumo propio, ya que el ahorro por kWh es mayor que el precio al que este se vendería según la normativa vigente. La venta de la energía actualmente solo es rentable a gran escala en un lugar donde el recurso eólico sea abundante y estable.
- La elección del generador es crucial, ya que aunque pudiera parecer que el aerogenerador que más energía produce es el más rentable, esto no es así, ya que el precio del aerogenerador y los dispositivos electrónicos necesarios es mayor. Además el precio aumenta en mayor proporción que la cantidad de energía que producen con respecto a modelos más pequeños.
- En mi opinión, el proyecto tal y como se ha hecho es viable y podría llevarse a cabo.

**Conclusiones respecto a la realización del TFG**

El presente trabajo de fin de grado me ha servido para mejorar y avanzar en las siguientes competencias:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organización y planificación del tiempo.
- Capacidad de expresión escrita.
- Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma.
- Capacidad de resolución de problemas.
- Capacidad de razonamiento crítico/análisis lógico.

- Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos.
- Capacidad para la creatividad y la innovación.
- Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua.
- Capacidad para el manejo de especificaciones técnicas y para elaboración de informes técnicos.

Además he ampliado mis conocimientos en el campo de las energías renovables, sobre todo en lo que respecta a energía eólica, el coste de la energía y la legislación aplicable.

# CONCLUSIONS

**Conclusions about the content of the FDP.**

- A wind energy installation is only viable in places where the wind energy source is high and stable during all the year.
- The wind energy resource must be properly analyzed in order to make a good approximation of the energy production.
- Regardless of making good approximations, the wind energy depends on many different factors, and there is always some uncertainty. For example, we can't certainly know how much time will be stopped a wind turbine.
- At the moment, the small wind turbines installation is profitable only when it is use for self-consume, because the money save per kWh is bigger than the sale price, according to the current legislation. The sale of wind energy is only profitable in a big scale wind farm.
- The choice of the wind turbine is very important. Although it seems the bigger generators are the more profitable, but it is not always true, because its price is higher and also the control systems are more expensive. The system price increases higher than the energy production and therefore, the energy selling prince.
- In my opinion, the project is viable, and can be carried out with no modifications.

**Conclusions about carrying out the FDP.**

In my opinion, this final degree project has helped me to improve myself and advance in the following competencies:

- Capability of analysis and synthesis.
- Capability of organizing and planning time.
- Capability of writing.
- Capability of learning and working independently.
- Capability of solving problems.
- Capability of critical / logical reasoning analysis.
- Capability of designing and developing projects.
- Capability of creativity and innovation.
- Capability of achievement motivation and continual improvement.



- Capability of managing technical specifications and preparing technical reports.

Additionally, I have improved my knowledge in the field of the renewable energy, especially in wind energy, the costs of energy and the applicable legislation.

# ÍNDICE DE PLANOS

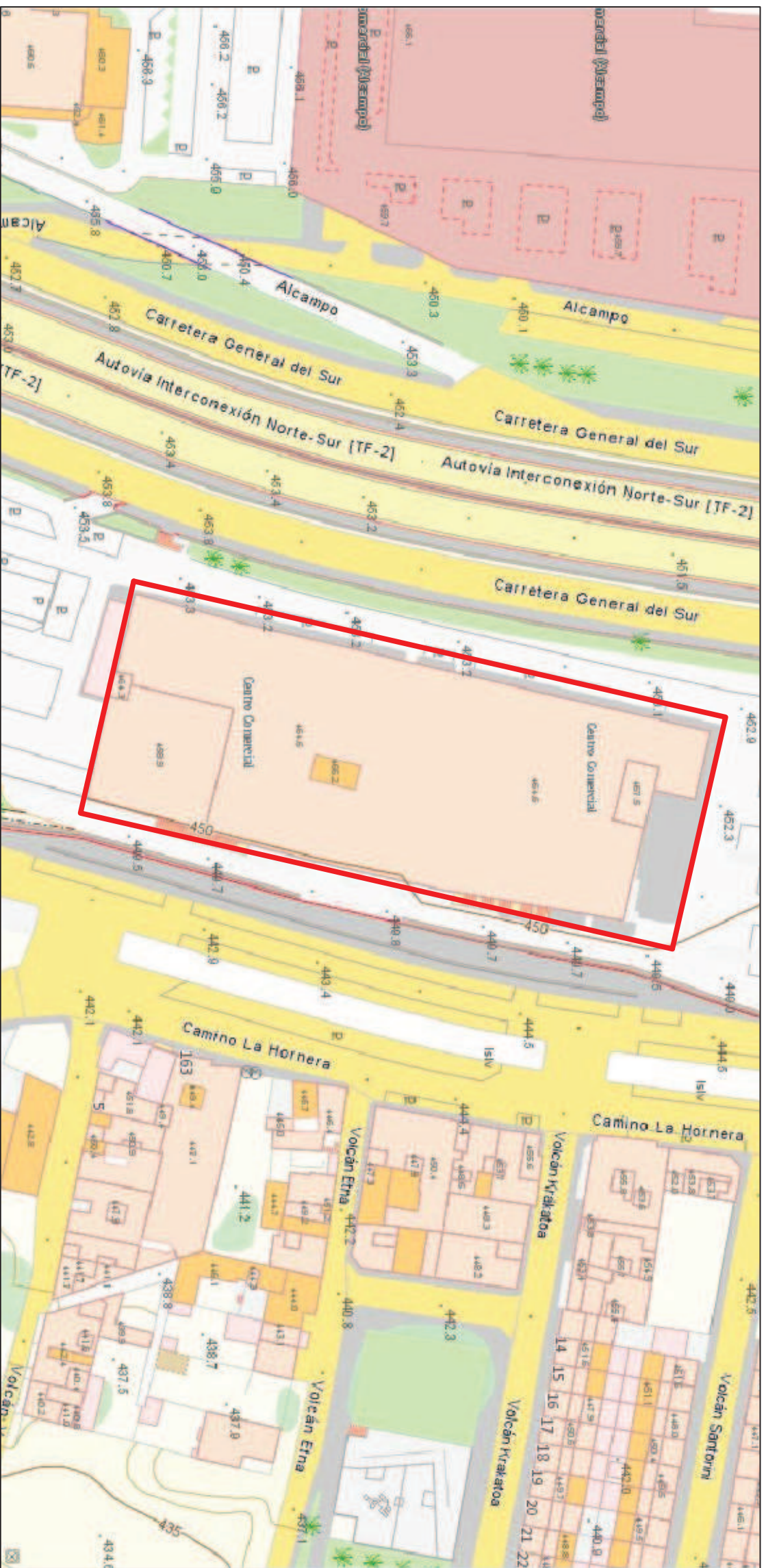
Plano 1: Situación.

Plano 2: Emplazamiento.

Plano 3: Instalación eléctrica y aerogeneradores.

Plano 4: Esquema unifilar.

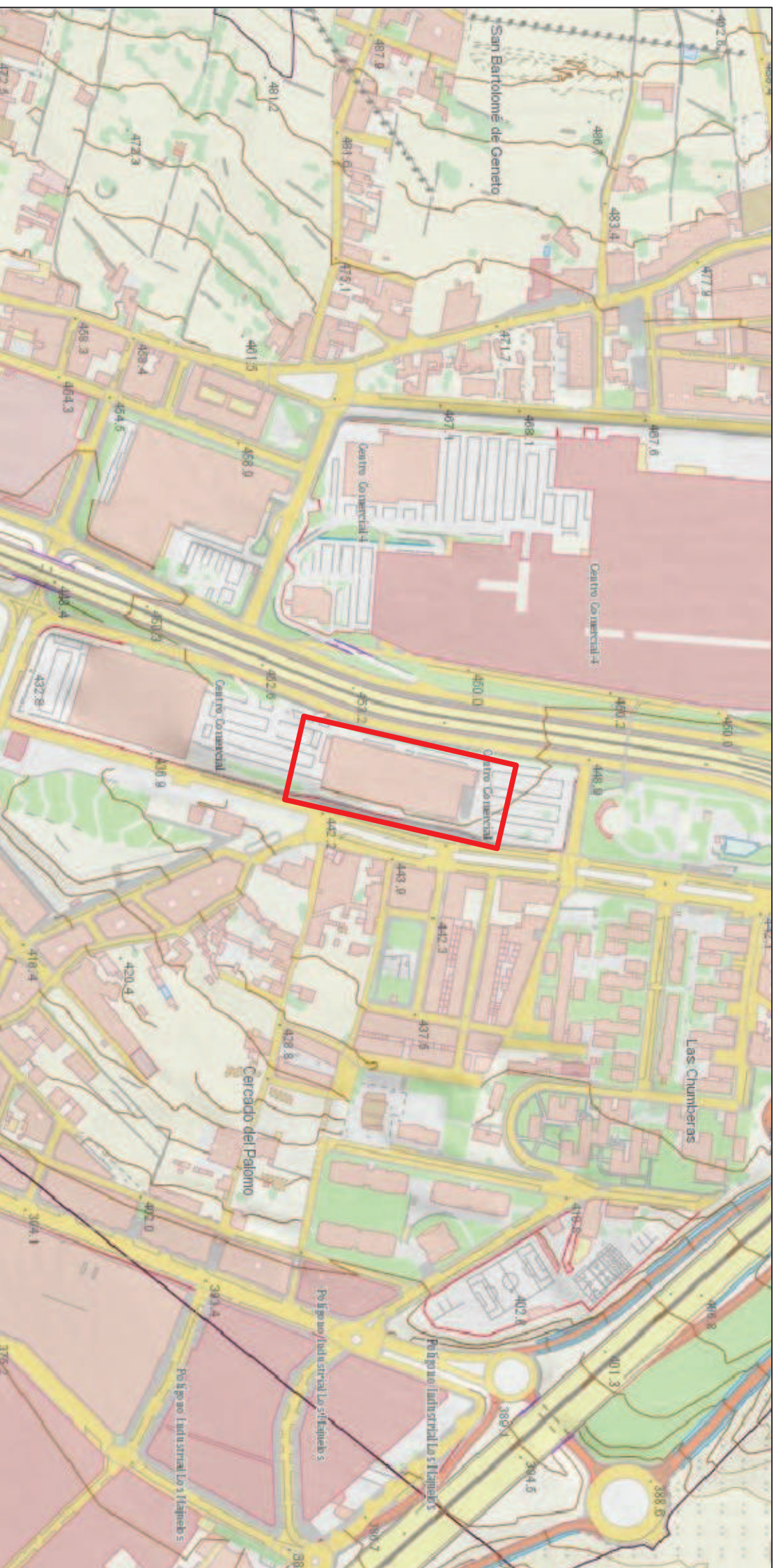
Plano 5: Detalle de montaje de los equipos eólicos.



**INSTALACIÓN MINIEÓLICA EN LA ZONA DE LAS CHUMBERAS**

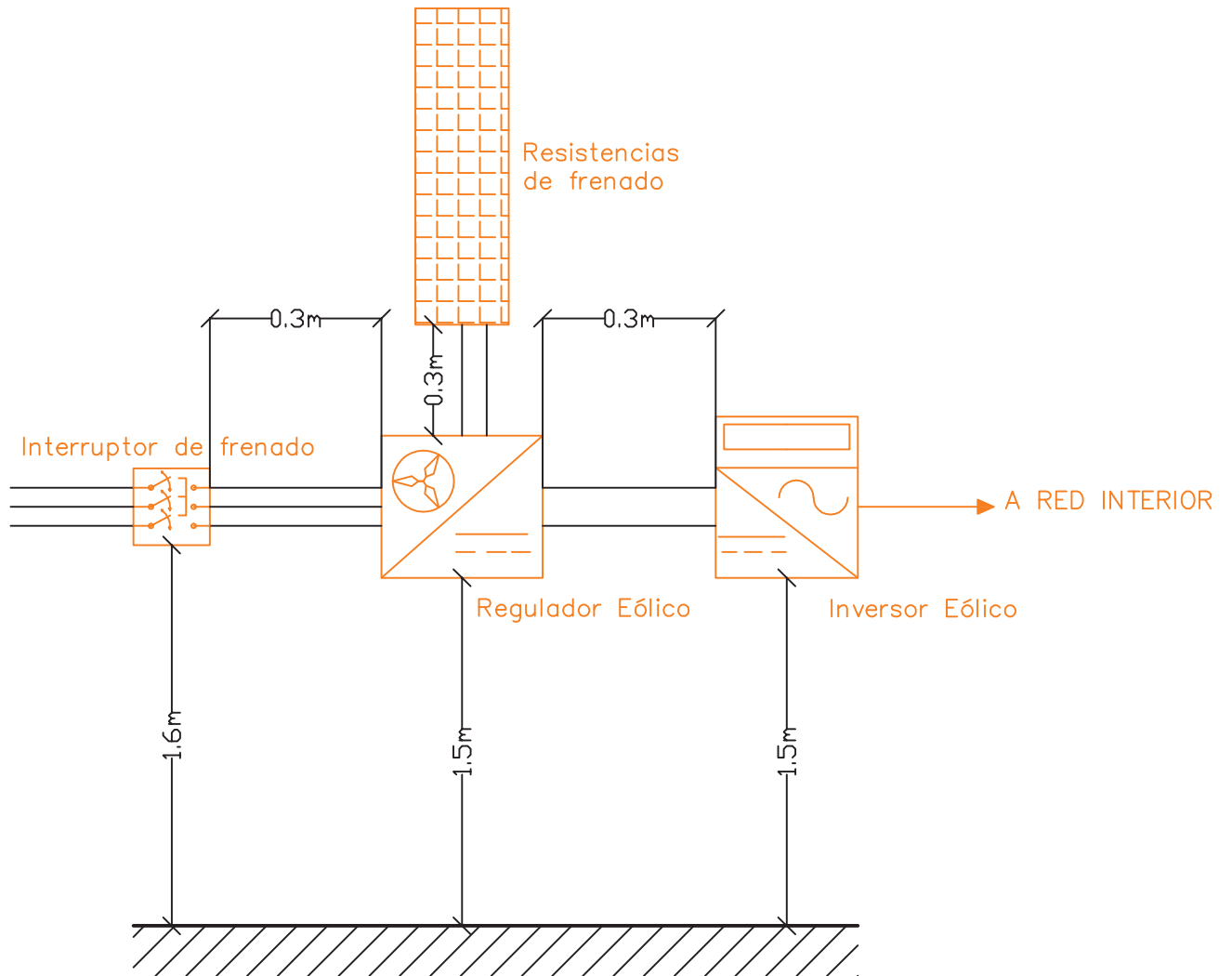
Fecha		Autor		 <b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL</b> <i>G. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Dibujado		OLIVER		
Comprobado		GLEZ HDEZ		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:				Nº P.: 2
1:1000		<b>EMPLAZAMIENTO</b>		Non.Archt: Emplazamiento.dwg





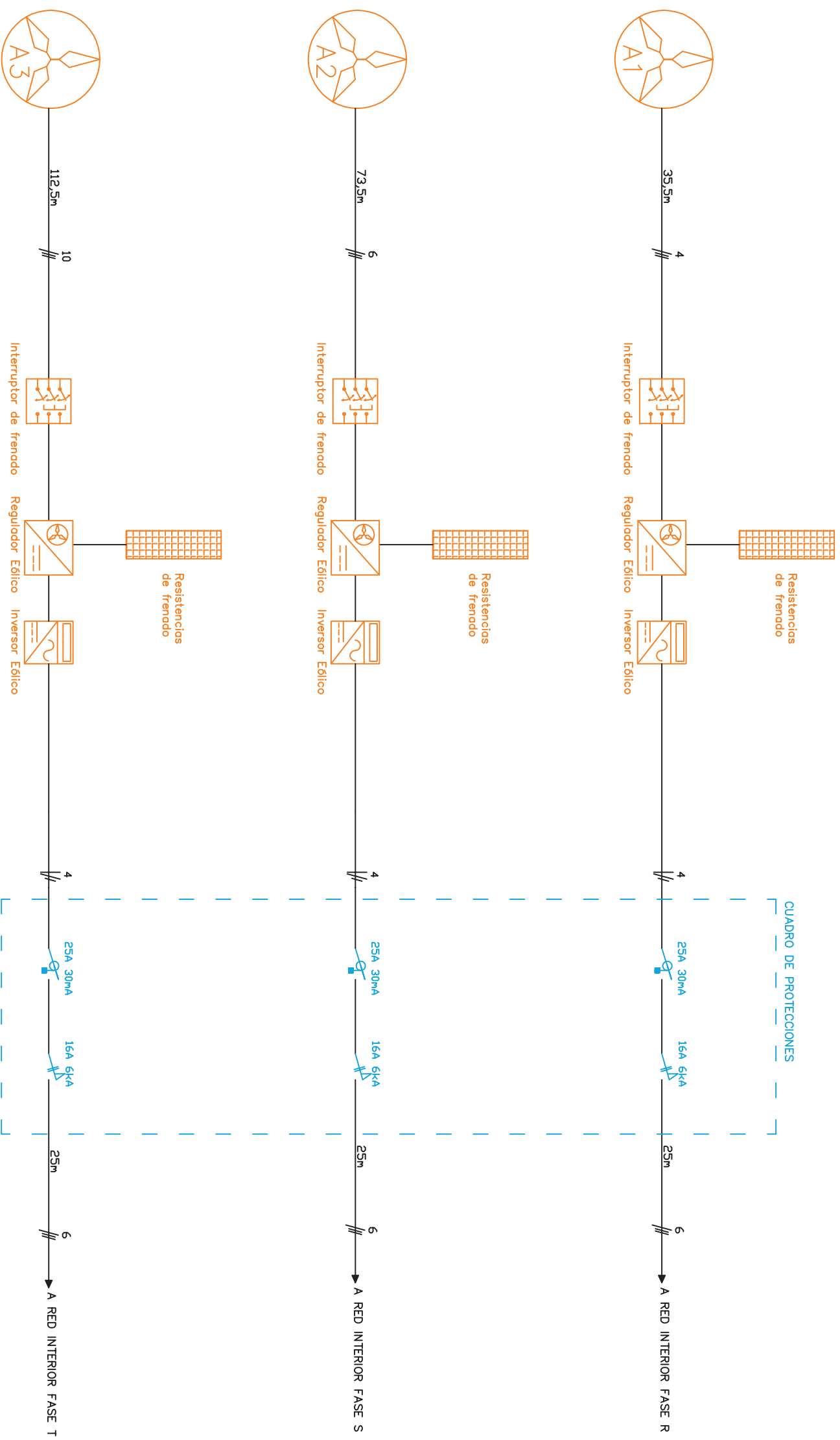
### INSTALACIÓN MINIEOLICA EN LA ZONA DE LAS CHUMBERAS

		<b>ULL</b>		ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL	
		Universidad de La Laguna		G. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	
		Universidad de La Laguna		Universidad de La Laguna	
<i>Dibujado</i>	5-2014	Autor	OLIVER		
<i>Comprobado</i>	5-2014		GLEZ HDEZ		
<i>Id. s. normas</i>	UNE-EN-DIN				
ESCALA:		<b>SITUACIÓN</b>		Nº P.: 1	
1:4000				Nom.Archt: Situacion.dwg	



## INSTALACIÓN MINIEÓLICA EN LA ZONA DE LAS CHUMBERAS

	Fecha	Autor	 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL <i>G. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática</i> Universidad de La Laguna
Dibujado	6-2014	OLIVER		
Comprobado	6-2014	GLEZ HDEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: S/E	Detalle de montaje de los equipos eólicos			Nº P. : 5
				Nom.Arch: minieólica.dwg



### INSTALACIÓN MINIEOLICA EN LA ZONA DE LAS CHUMBERAS

Fecha		Autor	
Dibujado	6-2014	OLIVER	
Comprobado	6-2014	GLEZ HDEZ	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	



ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL  
 G. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática  
 Universidad de La Laguna

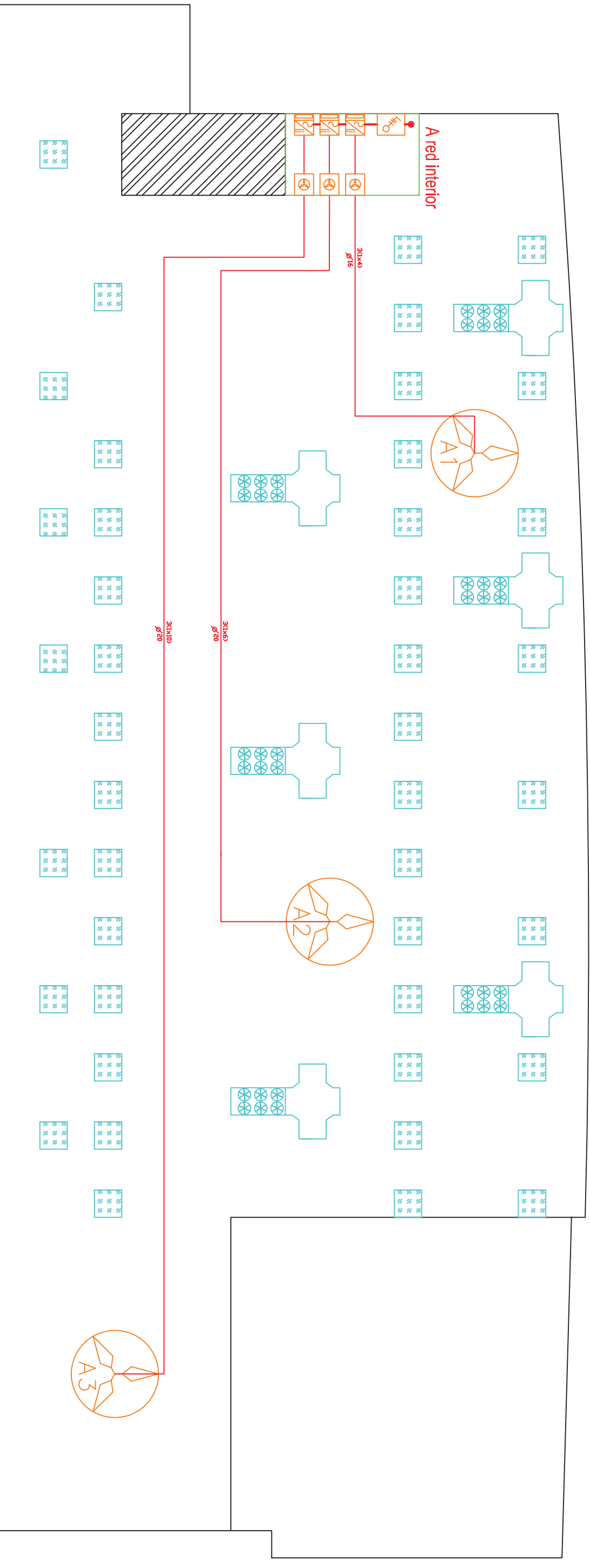
ESCALA:

Nº P.: 4

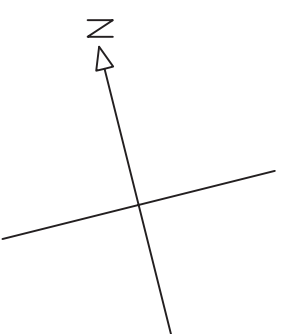
S/E Esquema Unifilar

Nom.Arch:

minieolica.dwg



ORIENTACIÓN



LEYENDA

	AEROGENERADOR X (ENAIR30)
	REGULADOR EOLICO-RESISTENCIAS DE FREMADO-INTERRUPTOR DE FREMADO
	CUADRO DE PROTECCIONES
	INVERSOR EOLICO SMA WINDY BOY 3300W

### INSTALACIÓN MINIEOLICA EN LA ZONA DE LAS CHUMBERAS

Fecha		Autor		 <b>ULL</b> Universidad de La Laguna	ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL	
Dibujado		OLIVER			G. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	
Comprobado		GLEZ HDEZ			Universidad de La Laguna	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN				
ESCALA:				Nº P.: 3		
1:300		Instalación eléctrica y Aerogeneradores		Nom.Archt: minieolica.dwg		

# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Esta sección contiene los siguientes documentos:

- Resumen del Presupuesto.
- Presupuesto.
- Mediciones.
- Cuadro de descompuestos.
- Materiales, mano de obra y maquinaria.



# RESUMEN DE PRESUPUESTO

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	AEROGENERADORES .....	23.965,26	86,09
02	ELECTRICIDAD.....	3.873,73	13,91
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>27.838,99</b>	
	3,00 % Gastos generales.....	835,17	
	6,00 % Beneficio industrial .....	1.670,34	
	SUMA DE G.G. y B.I.	2.505,51	
	7,00 %IGIC.....	2.124,12	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>32.468,62</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>32.468,62</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

La Laguna, a 1 de Junio de 2014.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 AEROGENERADORES</b>				
<b>SUBCAPÍTULO E06 PACK ENAR 30</b>				
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO E06 PACK ENAR 30 .....</b>				<b>16.626,06</b>
E06	u PACK ENAR 30 INTERRUPTOR DE FRENADO RESISTENCIAS DE FRENADO REGULADOR EÓLICO AEROGENERADOR ENAIR 30-220V BASE PUNTERA DE ACERO TORNILLERÍA	3,00	5.542,02	16.626,06
E07	u TORRETA 7M ENAIR Torre cuatripata Autosoportable P400-7m Celosía de Acero Homologada por ENAIR	3,00	865,15	2.595,45
E08	u INVERSOR SMA INVERSOR SMA WINDY BOY 3300 W - C.RED - C. SMART GRID	3,00	1.217,17	3.651,51
E36	u MANO DE OBRA Y MAQUINARIA	1,00	1.092,24	1.092,24
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 AEROGENERADORES.....</b>				<b>23.965,26</b>

# PRESUPUESTO

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 ELECTRICIDAD</b>				
<b>SUBCAPÍTULO E01 CANALIZACIONES</b>				
E28	m TUBO CORRUGADO 16mm GRUPO REVI REF:T10115N4	59,50	0,25	14,88
E29	m TUBO CORRUGADO 20mm GRUPO REVI REF:T10120N4	185,00	0,28	51,80
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO E01 CANALIZACIONES .....</b>				<b>66,68</b>
<b>SUBCAPÍTULO E02 PROTECCIONES</b>				
E15	u Diferencial LEGRAND 25A/30mA REF:402056	3,00	59,34	178,02
E16	u Magnetotérmico LEGRAND 16A/6kA REF:402415	3,00	18,23	54,69
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO E02 PROTECCIONES .....</b>				<b>232,71</b>
<b>SUBCAPÍTULO E03 CONDUCTORES</b>				
E17	m AZUL 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	4,00	2,46	9,84
E18	m MARRÓN 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	39,50	2,46	97,17
E19	m VERDE/AMARRILLO 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	4,00	2,46	9,84

# PRESUPUESTO

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E20	<p><b>m NEGRO 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50	3,27	367,88
E21	<p><b>m MARRÓN 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50	3,27	367,88
E22	<p><b>m GRIS 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50	3,27	367,88
E23	<p><b>m NEGRO 6mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	72,50	7,42	537,95
E24	<p><b>m MARRÓN 6mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	72,50	7,42	537,95

# PRESUPUESTO

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E25	m GRIS 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	72,50	7,42	537,95
E27	m TRIPOLAR+GND 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	25,00	8,57	214,25
E42	m NEGRO 4mm2	35,50	2,46	87,33
E43	m GRIS 4mm2	35,58	2,46	87,53
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO E03 CONDUCTORES.....</b>				<b>3.223,45</b>
E01	u CANALIZACIONES	1,00	66,68	66,68
E02	u PROTECCIONES	1,00	232,71	232,71
E03	u CONDUCTORES	1,00	3.223,45	3.223,45
E04	u CUADRO ELEC LEGRAND Nedbox-Puerta transparente REF:0015 21	1,00	55,61	55,61
E05	u MANO DE OBRA	1,00	295,28	295,28
<b>TOTAL CAPÍTULO 02 ELECTRICIDAD .....</b>				<b>3.873,73</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>27.838,99</b>

# MEDICIONES

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
	<b>CAPÍTULO 01 AEROGENERADORES</b>	
	<b>SUBCAPÍTULO E06 PACK ENAR 30</b>	
E06	u PACK ENAR 30	
		3,00
E07	u TORRETA 7M ENAIR Torre cuatripata Autosoportable P400-7m Celosía de Acero Homologada por ENAIR	
		3,00
E08	u INVERSOR SMA INVERSOR SMA WINDY BOY 3300 W - C.RED - C. SMART GRID	
		3,00
E36	u MANO DE OBRA Y MAQUINARIA	
		1,00

# MEDICIONES

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
<b>CAPÍTULO 02 ELECTRICIDAD</b>		
<b>SUBCAPÍTULO E01 CANALIZACIONES</b>		
E28	m TUBO CORRUGADO 16mm GRUPO REVI REF:T10115N4	59,50
E29	m TUBO CORRUGADO 20mm GRUPO REVI REF:T10120N4	185,00
<b>SUBCAPÍTULO E02 PROTECCIONES</b>		
E15	u Diferencial LEGRAND 25A/30mA REF:402056	3,00
E16	u Magnetotérmico LEGRAND 16A/6kA REF:402415	3,00
<b>SUBCAPÍTULO E03 CONDUCTORES</b>		
E17	m AZUL 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	4,00
E18	m MARRÓN 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	39,50
E19	m VERDE/AMARRILLO 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	4,00

# MEDICIONES

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
E20	<p><b>m NEGRO 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50
E21	<p><b>m MARRÓN 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50
E22	<p><b>m GRIS 10mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	112,50
E23	<p><b>m NEGRO 6mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	72,50
E24	<p><b>m MARRÓN 6mm2</b></p> <p>GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV</p> <p>Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2</p>	72,50



# MEDICIONES

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
E25	<b>m GRIS 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	72,50
E27	<b>m TRIPOLAR+GND 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	25,00
E42	<b>m NEGRO 4mm2</b>	35,50
E43	<b>m GRIS 4mm2</b>	35,58
E01	<b>u CANALIZACIONES</b>	1,00
E02	<b>u PROTECCIONES</b>	1,00
E03	<b>u CONDUCTORES</b>	1,00
E04	<b>u CUADRO ELEC</b> LEGRAND Nedbox-Puerta transparente REF:0015 21	1,00
E05	<b>u MANO DE OBRA</b>	1,00

# LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
E17	4,000	m	AZUL 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	2,46	9,84
<b>Grupo E17 .....</b>					<b>9,84</b>
E18	39,500	m	MARRÓN 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	2,46	97,17
<b>Grupo E18 .....</b>					<b>97,17</b>
E19	4,000	m	VERDE/AMARRILLO 4mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	2,46	9,84
<b>Grupo E19 .....</b>					<b>9,84</b>
E20	112,500	m	NEGRO 10mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	3,27	367,88
<b>Grupo E20 .....</b>					<b>367,88</b>
E21	112,500	m	MARRÓN 10mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	3,27	367,88
<b>Grupo E21 .....</b>					<b>367,88</b>

# LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
E22	112,500	m	GRIS 10mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	3,27	367,88
<b>Grupo E22 .....</b>					<b>367,88</b>
E23	72,500	m	NEGRO 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	7,42	537,95
<b>Grupo E23 .....</b>					<b>537,95</b>
E24	72,500	m	MARRÓN 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	7,42	537,95
<b>Grupo E24 .....</b>					<b>537,95</b>
E25	72,500	m	GRIS 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	7,42	537,95
<b>Grupo E25 .....</b>					<b>537,95</b>
E27	25,000	m	TRIPOLAR+GND 6mm2 GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2	8,57	214,25
<b>Grupo E27 .....</b>					<b>214,25</b>
E28	59,500	m	TUBO CORRUGADO 16mm GRUPO REVI REF:T10115N4	0,25	14,88
<b>Grupo E28 .....</b>					<b>14,88</b>

# LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
E29	185,000	m	TUBO CORRUGADO 20mm GRUPO REVI REF:T10120N4	0,28	51,80
<b>Grupo E29 .....</b>					<b>51,80</b>
E37	12,000	h	GRÚA TELESCÓPICA CAMIÓN	50,02	600,24
<b>Grupo E37 .....</b>					<b>600,24</b>
E38	12,000	h	ESPECIALISTA MONTADOR	19,00	228,00
<b>Grupo E38 .....</b>					<b>228,00</b>
E39	6,000	h	ESPECIALISTA MAQ EÓLICAS	22,00	132,00
<b>Grupo E39 .....</b>					<b>132,00</b>
E40	12,000	h	PEÓN MONTADOR	11,00	132,00
<b>Grupo E40 .....</b>					<b>132,00</b>
E42	35,500	m	NEGRO 4mm2	2,46	87,33
<b>Grupo E42 .....</b>					<b>87,33</b>
E43	35,580	m	GRIS 4mm2	2,46	87,53
<b>Grupo E43 .....</b>					<b>87,53</b>
P02	10,465	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	19,23	201,24
<b>Grupo P02 .....</b>					<b>201,24</b>
P03	1,800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA Medidas las horas trabajadas	19,23	34,61
<b>Grupo P03 .....</b>					<b>34,61</b>
TO00100	1,605	h	OF. 1ª ALBAÑILERÍA Medidas las horas trabajadas	19,23	30,86
<b>Grupo TO0 .....</b>					<b>30,86</b>
TP00100	1,605	h	PEÓN ESPECIAL Medidas las horas trabajadas	18,28	29,34
<b>Grupo TP0 .....</b>					<b>29,34</b>
<b>Resumen</b>					
Mano de obra .....					787,28
Materiales .....					3.290,13
Maquinaria .....					600,24
Otros .....					23.161,34
<b>TOTAL .....</b>					<b>4.678,41</b>

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 ELECTRICIDAD</b>						
<b>SUBCAPÍTULO E06 PACK ENAR 30</b>						
E09	u		INTERRUPTOR DE FRENADO			
E10	u		RESISTENCIAS DE FRENADO			
E11	u		REGULADOR EÓLICO			
E12	u		AEROGENERADOR ENAIR 30-220V			
E13	u		BASE PUNTERA DE ACERO			
E14	u		TORNILLERÍA			
E07	u		TORRETA 7M ENAIR Torre cuatripata Autosoportable P400-7m Celosía de Acero Homologada por ENAIR			
				Sin descomposición		
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>865,15</b>
E08	u		INVERSOR SMA INVERSOR SMA WINDY BOY 3300 W - C.RED - C. SMART GRID			
				Sin descomposición		
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>1.217,17</b>

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 ELECTRICIDAD</b>						
<b>SUBCAPÍTULO E01 CANALIZACIONES</b>						
E28	m		<b>TUBO CORRUGADO 16mm</b> GRUPO REVI REF:T10115N4			
				Sin descomposición		
				Materiales .....		0,25
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>0,25</b>
E29	m		<b>TUBO CORRUGADO 20mm</b> GRUPO REVI REF:T10120N4			
				Sin descomposición		
				Materiales .....		0,28
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>0,28</b>
<b>SUBCAPÍTULO E02 PROTECCIONES</b>						
E15	u		<b>Diferencial</b> LEGRAND 25A/30mA REF:402056			
				Sin descomposición		
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>59,34</b>
E16	u		<b>Magnetotérmico</b> LEGRAND 16A/6kA REF:402415			
				Sin descomposición		
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>18,23</b>
<b>SUBCAPÍTULO E03 CONDUCTORES</b>						
E17	m		<b>AZUL 4mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
				Sin descomposición		
				Materiales .....		2,46
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>2,46</b>
E18	m		<b>MARRÓN 4mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
				Sin descomposición		
				Materiales .....		2,46
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>2,46</b>

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E19		m	<b>VERDE/AMARRILLO 4mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
				Materiales .....		2,46
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>2,46</b>
E20		m	<b>NEGRO 10mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
				Materiales .....		3,27
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>3,27</b>
E21		m	<b>MARRÓN 10mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
				Materiales .....		3,27
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>3,27</b>
E22		m	<b>GRIS 10mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
				Materiales .....		3,27
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>3,27</b>

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E23		m	<b>NEGRO 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	7,42
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>7,42</b>
E24		m	<b>MARRÓN 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	7,42
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>7,42</b>
E25		m	<b>GRIS 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	7,42
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>7,42</b>
E27		m	<b>TRIPOLAR+GND 6mm2</b> GENERAL CABLE exZhellent XXI RZ1-K (AS) 0,6/1kV  Norma: UNE-HD 603-5X Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: XLPE No propagador de llama: UNE-EN 60332-1-24 Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 Baja emisión de humos opacos: UNE-EN 61034-2 Baja Corrosividad: UNE-EN 50267-2-2			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	8,57
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>8,57</b>
E42		m	<b>NEGRO 4mm2</b>			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	2,46
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>2,46</b>
E43		m	<b>GRIS 4mm2</b>			
					Sin descomposición	
					Materiales .....	2,46
					<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>2,46</b>



# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación Minieólica en las Chumberas

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E04		u	CUADRO ELEC LEGRAND Nedbox-Puerta transparente REF:0015 21			
				Sin descomposición		
				TOTAL PARTIDA .....		55,61

# Anexos

Esta sección contiene los siguientes documentos:

- Anexo I: Montaje del aerogenerador.
- Anexo II: Estudio de rentabilidad.

## 4.2 Montaje de la máquina

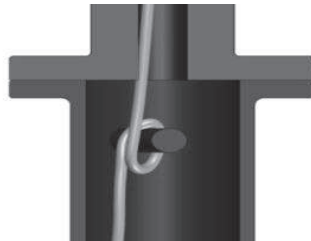
El montaje del aerogenerador se divide en cinco sencillos pasos, estos pasos deben seguirse en el orden en que se indica a continuación.

### PASO 1: Conexiones eléctricas



Mediante **tres conectores eléctricos** unir los cables del aerogenerador, procedentes de las escobillas, con los cables de bajada de la torre.

Para evitar que el peso de los cables sobrecargue la conexión de las escobillas se debe fijar al interior de la torre la manguera de bajada. Para ello se aconseja dar tres vueltas a un gancho que debe ir soldado en la parte superior de la torre.



### PASO 2: Colocación en la torre



#### Tornillería:

Tornillo Hexagonal A4 DIN 933 M14x60	8
Tuerca Hexagonal A4 DIN934 M14	8
Arandela plana A4 DIN126 M14	16



#### Herramientas:

Llave fija de 22, vaso hexagonal de 22 y llave dinamométrica



**Par de apriete:** 91 Nm ó 67 Lbf.ft

### PASO 3: Palancas de torsión



#### Tornillería:

Tornillo Hexagonal A4 DIN 933 M12x50	4
Tuerca Hexagonal A4 DIN934 M12	4
Arandela plana A4 DIN126 M12	8



#### Herramientas:

Llave fija de 19, vaso hexagonal de 19 y llave dinamométrica

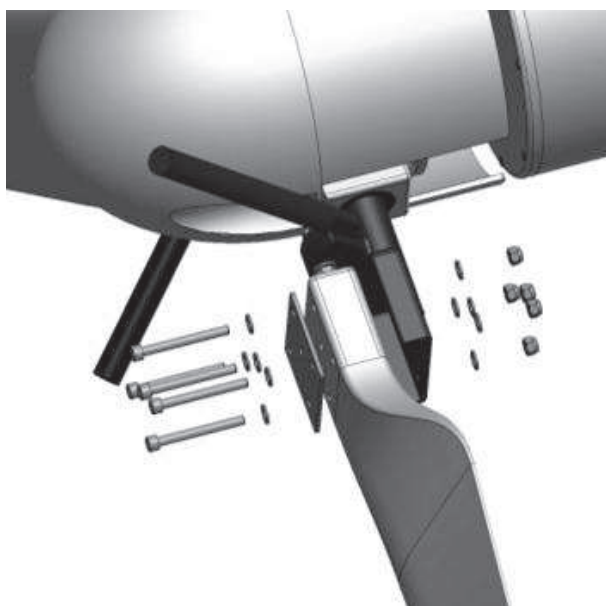


Par de apriete: 57 Nm ó 42 Lbf.ft



**ATENCIÓN:** Hay tres palancas. Una se coloca durante la fabricación y dos de ellas deben colocarse durante el montaje. Las tres palancas están identificadas con los números 1, 2 y 3. No son intercambiables, cada una tiene su posición.

### PASO 4: Palas



#### Tornillería:

Tornillo Allen A4 DIN912 M10x90	15
Tuerca Hexagonal A4 DIN934 M10	15
Arandela plana A4 DIN126 M10	30



#### Herramientas:

Llave fija de 17, vaso hexagonal de 17 y llave dinamométrica



Par de apriete: 33 Nm o 24 Lbf.ft

Las palas deben ensamblarse con las placas protectoras del entronque, encontrará estas placas en el kit de tornillería.

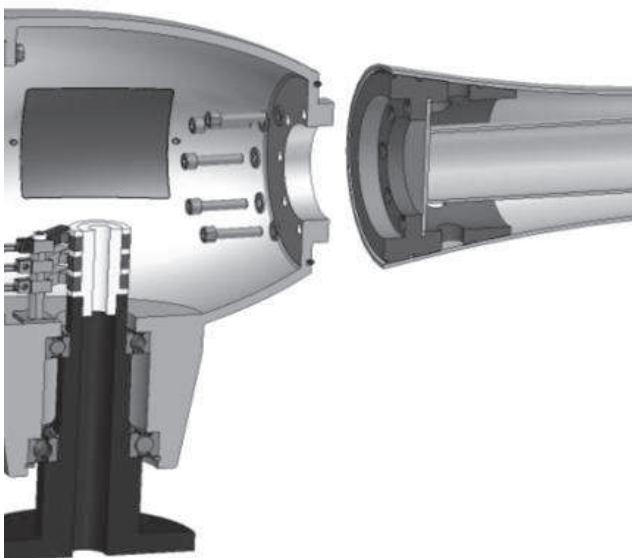


**ATENCIÓN:** El ajuste de estos tornillos es muy fino, por lo que se recomienda llevar un taladro eléctrico con una broca de 10 para repasar los agujeros de las palas si fuese necesario.

Para garantizar el correcto ensamblaje de la pala los agujeros del entronque están posicionados de forma que la pala únicamente puede ensamblarse en una posición.



## PASO 5: Timón



### Tornillería:

Tornillo Allen A4 DIN912 M10x45  
Arandela plana A4 DIN126 M10

8



### Herramientas:

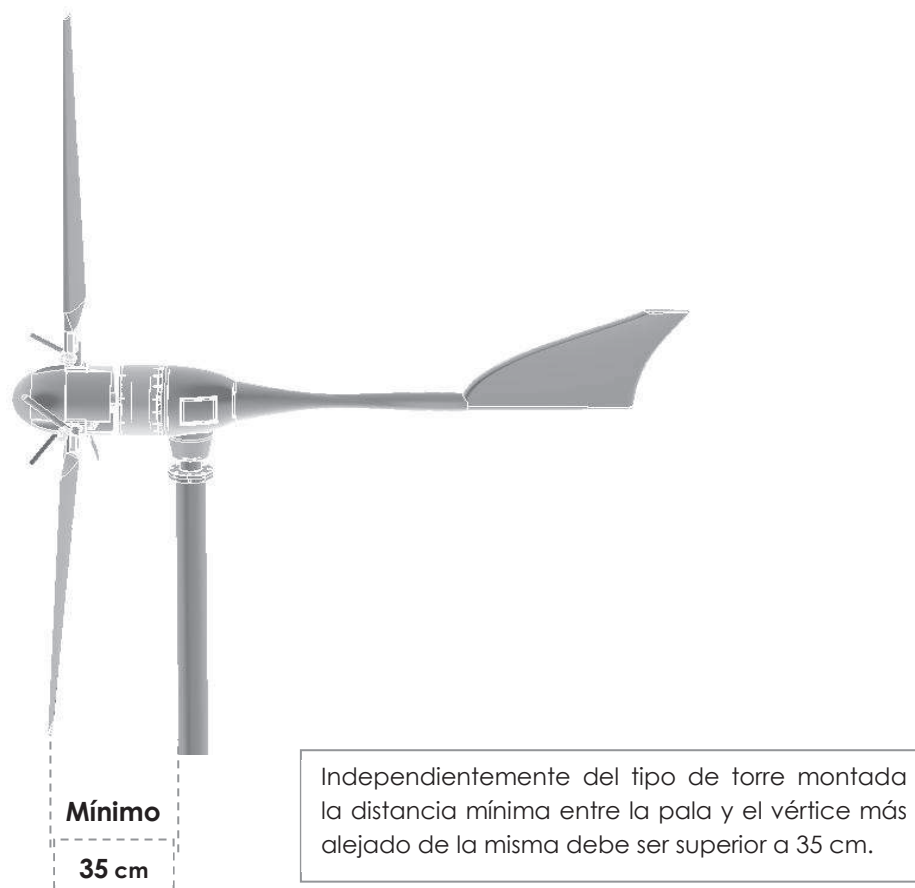
Vaso allen de 8, alargador y llave dinamoétrica



**Par de apriete:** 33 Nm ó 24 Lbf.ft

## 5 – Instalación

\*Observaciones a tener en cuenta en la instalación:



### **Nota:**

Las torres deberán siempre ser certificadas por ENAIR, antes de cualquier instalación, con tal de garantizar la integridad de la máquina y el correcto funcionamiento de la misma. Una instalación estará fuera de garantía si la torre no tiene la correcta acreditación cedida por ENAIR.

# ANEXO II Estudio de rentabilidad

HIPOTESIS	CÁLCULOS REALIZADOS
Para el estudio se han considerado, durante un periodo de 25 años, los siguientes supuestos: - Precio del kWh (Endesa, Tarifa General Grandes Consumidores): 0,1469 € - Un aumento del 1,0% anual del precio del kWh. - Impuesto sobre la electricidad (Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, Art. 64). Base imponible: 1,05113 Tipo impositivo: 4.86% - IGIC Reducido 3% sobre la factura eléctrica - Gastos de mantenimiento y operación: estimado un 1% sobre el precio del aerogenerador . - Instalación de tres aerogeneradores, cada uno en una torreta y con el correspondiente inversor SMA adecuado.	Producción en kwh/año es la producción de energía que se espera para 3 aerogeneradores, esta energía se multiplica por el precio del kWh (el cual comienza en 0,1469€ y va aumentando un 1% cada año). Este cálculo nos dice cual es el Valor de la energía generada. Para conocer el Ahorro bruto anual, debemos sumar al Valor de energía generada los impuestos que se tendría que haber pagado por el consumo de dicha energía, El impuesto sobre la electricidad que tiene una base imponible (1,05) y el tipo impositivo(4,86%). A la suma del Valor de la energía generada y el impuesto sobre la electricidad se le aplica el IGIC reducido (3%). Para conocer el Ahorro neto anual, se resta al Ahorro bruto anual, los gastos de operación y mantenimiento generados por la instalación, que se suponen del 1% sobre el precio de los aerogeneradores. Todos estos cálculos se realizan para 25 años utilizando la hoja de cálculo, y al final se calcula el TIR de la inversión utilizando la función que tiene Excel para tal fin, a la cual hay que pasarle el rango de datos donde se encuentran los flujos de caja (Ahorro neto anual) y la Inversión inicial. Además se considera que en el décimo año, por la causa que fuera, hay que sustituir uno de los aerogeneradores.

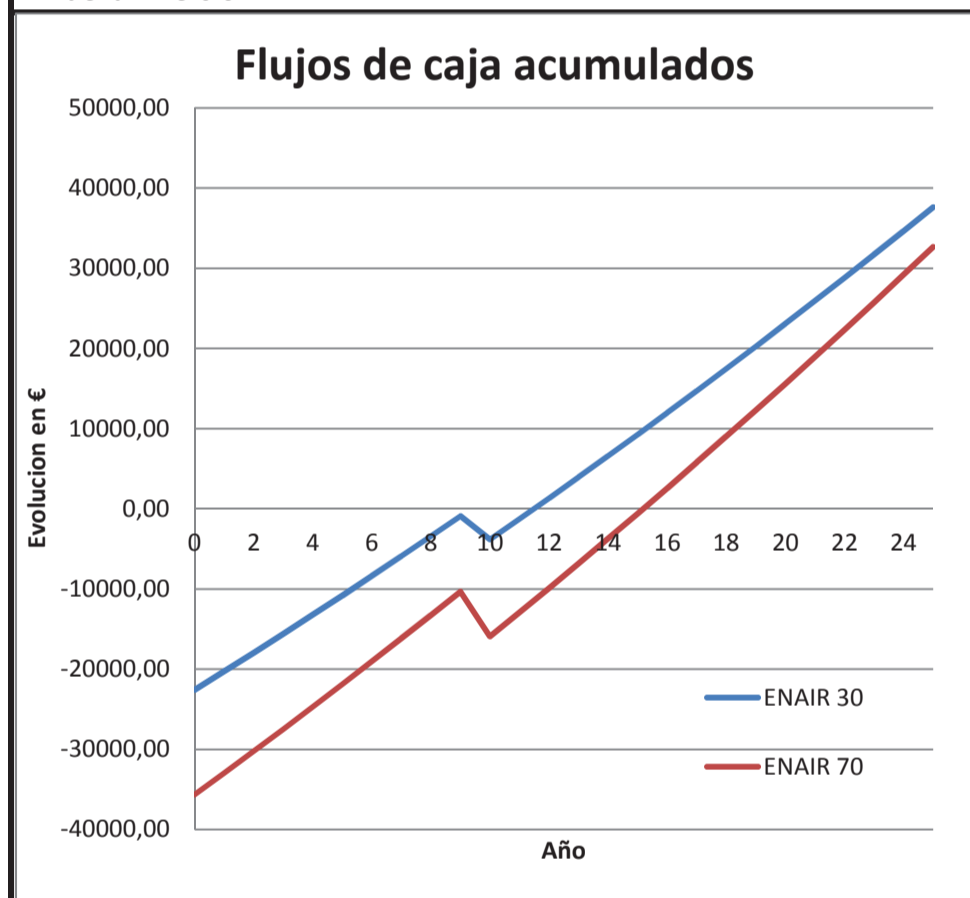
INSTALACIÓN ENAIR30	Precio €	Cantidad	Total	Producción kwh/año	
Enair 30 220V	5442,02	3,00	16326,06	Unitaria	Grupo
INVERSOR SMA WINDY BOY 3300 W - C.RED - C. SMART GRID	1217,30	3,00	3651,90	5173,00	15519,00
Torre cuatripata Autosoportable P400-7m	865,15	3,00	2595,45		
<b>Total</b>			<b>22573,41</b>		

INSTALACIÓN ENAIR 70	Precio €	Cantidad	Total €	Producción kwh/año	
Enair 70 220V	8549,02	3,00	25647,06	Unitaria	Grupo
INVERSOR SMA WINDY BOY 5000 TL Bluetooth - C.RED - C. SMART GRID	2467,02	3,00	7401,06	6179,00	18537,00
Torre cuatripata Autosoportable P400-7m	865,15	3,00	2595,45		
<b>Total</b>			<b>35643,57</b>		

Impuestos sobre la factura eléctrica		%	
Impuesto Electricidad	Base imponible	1,05	
	Tipo Impositivo	4,86	
IGIC Reduc		3,00	

Grupo Enair 30	Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Precio €/kwh (Endesa, Tarifa General Grandes Consumidores)		0,1469	0,1484	0,1499	0,1514	0,1529	0,1544	0,1559	0,1575
Aumento Precio electricidad %		1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Producción kwh/año		15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00
Valor de la energía generada		2279,79	2302,59	2325,61	2348,87	2372,36	2396,08	2420,04	2444,24
Impuesto sobre la Electricidad		116,56	117,72	118,90	120,09	121,29	122,50	123,73	124,97
IGIC Reduc		71,89	72,61	73,34	74,07	74,81	75,56	76,31	77,08
Ahorro Bruto €/año		2468,24	2492,92	2517,85	2543,03	2568,46	2594,14	2620,08	2646,28
Gastos de Operación y Mantenimiento €/año		163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26
Ahorro Neto €/año	-22573,41	2304,98	2329,66	2354,59	2379,77	2405,20	2430,88	2456,82	2483,02
TIR de la inversión	<b>8,89%</b>								



Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
0,1591	0,1607	0,1623	0,1639	0,1655	0,1672	0,1689	0,1705	0,1723
1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00	15519,00
2468,68	2493,37	2518,30	2543,49	2568,92	2594,61	2620,56	2646,76	2673,23
126,22	127,48	128,75	130,04	131,34	132,65	133,98	135,32	136,67
77,85	78,63	79,41	80,21	81,01	81,82	82,64	83,46	84,30
2672,75	2699,47	2726,47	2753,73	2781,27	2809,08	2837,17	2865,55	2894,20
163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26	163,26
2509,49	-2905,79	2563,21	2590,47	2618,01	2645,82	2673,91	2702,29	2730,94

Grupo Enair 70	Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Precio €/kwh (Endesa, Tarifa General Grandes Consumidores)		0,1469	0,1484	0,1499	0,1514	0,1529	0,1544	0,1559	0,1575
Aumento Precio electricidad %		1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Producción kwh/año		18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00
Valor de la energía generada €/año		2723,14	2750,37	2777,88	2805,65	2833,71	2862,05	2890,67	2919,58
Impuesto sobre la Electricidad €/año		139,23	140,62	142,02	143,44	144,88	146,33	147,79	149,27
IGIC Reduc €/año		85,87	86,73	87,60	88,47	89,36	90,25	91,15	92,07
Ahorro Bruto €/año		2948,24	2977,72	3007,50	3037,57	3067,95	3098,63	3129,61	3160,91
Gastos de Operación y Mantenimiento €/año		256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47
Ahorro Neto €/año	-35643,57	2691,77	2721,25	2751,03	2781,10	2811,48	2842,16	2873,14	2904,44
TIR de la inversión	<b>5,34%</b>								

Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
0,1591	0,1607	0,1623	0,1639	0,1655	0,1672	0,1689	0,1705	0,1723
1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00	18537,00
2948,77	2978,26	3008,04	3038,12	3068,50	3099,19	3130,18	3161,48	3193,10
150,76	152,27	153,79	155,33	156,88	158,45	160,04	161,64	163,25
92,99	93,92	94,86	95,80	96,76	97,73	98,71	99,69	100,69
3192,52	3224,44	3256,69	3289,26	3322,15	3355,37	3388,92	3422,81	3457,04
256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47	256,47
2936,05	-5581,03	3000,22	3032,79	3065,68	3098,90	3132,45	3166,34	3200,57