


• VALUATIVE SAS • NIT 830.121.091 – 0 • Oficinas a nivel nacional • [www.valuative.co](http://www.valuative.co)

# Energías Verdes Eólicas

**VALUATIVE**

LÍDERES EN INVESTIGACIÓN Y PROTECCIÓN PATRIMONIAL

Cra. 7 No. 156 – 10 Of. 1607 / Edificio Torre Krystal  
Bogotá D.C., Colombia  
Pbx: +57 (1) 3902846  
[info@valuative.co](mailto:info@valuative.co)



**LAS ENERGIAS VERDES**  
**UN ENFOQUE PARA SUSCRIPCIÓN Y ATENCIÓN DEL RECLAMO**  
**PLANTAS DE GENERACIÓN EOLICA**

Cuando se habla de **energía verde** se hace referencia a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre ellas se cuentan la **eólica**, **geotérmica**, **hidráulica**, **mareomotriz**, **solar**, **undimotriz**, la **biomasa** y los **biocombustibles** (*biocarburos*).

Se define cada una de ellas, acorde con los siguientes principios:

**ENERGIA EOLICA:** Es la obtenida a partir del aprovechamiento renovable de la energía cinética proveída por las masas de aire en movimiento constante (vientos) y que es posible transformar en Energía Mecánica y de ésta, ELECTRICIDAD u otras formas de energía destinadas a su aprovechamiento eficiente.

**ENERGIA GEOTERMICA:** Es la obtenida a partir del aprovechamiento renovable del calor interno de la tierra transmitida a través de las masas de roca caliente (reservorios), por conducción y convección generados a partir de procesos de interacción de aguas subterráneas contenidas en capas freáticas que al ascender a la superficie producen vapor.

**ENERGIA HIDRÁULICA:** Es la obtenida a partir del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de corrientes de agua natural (saltos de agua u oscilaciones marinas conocidas como Mareas), transformables en energía.

**ENERGIA MAREOMOTRIZ:** Es la obtenida a partir del aprovechamiento de las mareas que se hace circular por turbinas, permitiendo el movimiento de un alternador que genera energía eléctrica.

**ENERGIA SOLAR:** Conocida también como Energía Solar Fotovoltaica, es obtenida a partir de la radiación electromagnética de origen solar, a través de celdas fotoeléctricas, helióstatos o colectores de radiación solar, transformándose en energía térmica o eléctrica.

**ENERGIA UNDIMOTRIZ:** Suele confundirse con la Energía Mareomotriz, aunque ambas aprovechan la energía marina como potencial eléctrico. La energía *Olamotriz*, como también se le conoce, aprovecha el simple movimiento de las olas para la generación de electricidad. De éste proceso se aprovecha la energía mecánica y potencial del movimiento natural de las olas en superficie (distinto de las mareas). Es muy investigada a partir de la década de 1980.

**BIOMASA:** Es la obtenida a partir de compuestos orgánicos mediante la aplicación de procesos naturales, como por ejemplo a la energía solar transformada en materia orgánica de la vegetación, recuperable por combustión directa o su transformación en otros combustibles (alcohol, metanol, aceites) o biogás, similar al gas natural a partir de desechos orgánicos.

**BIOCOMBUSTIBLES:** Derivado del anterior, se entiende como la mezcla de sustancias orgánicas que se utilizan como combustible en motores de combustión interna a partir de materia orgánica originada en procesos biológicos, espontáneos o provocados.

En Colombia, el 70% de la electricidad del país se produce a partir de fuentes hídricas, vulnerables a las alteraciones climáticas. Cerca de un 30% de la energía restante proviene de Termoeléctricas que utilizan como materia prima de generación gas, carbón y diésel para generar electricidad, mientras que **apenas un 0,13% proviene de fuentes renovables como el viento.**

**El Sector Eléctrico** en Colombia, no obstante la alerta de desactualización de información a 2019, tiene una capacidad instalada alcanzó los 17,3 GW, con un origen *fósil* del 33%y un 66% **hidráulica** de características **renovables**.

De acuerdo con lo publicado por la prensa nacional, en Noviembre de 2018, el **ANLA** otorgó **licencia ambiental** para un proyecto de energía eólica en la Guajira (primera otorgada en Colombia para proyectos de energías renovables).

*La obra se construirá en el corregimiento de **Limoncito**, en el municipio de **Maicao**.  
Contará con una capacidad de generación entre 200 y 250 MW en un área de cuatro mil hectáreas, además de 65 turbinas y una subestación eléctrica que tiene como función llevar la energía eólica hasta el sistema de transmisión nacional.*

*De acuerdo con el ANLA, "los beneficios en términos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del proyecto Alpha, equivalen en su momento de operación máxima a aproximadamente 330 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Prácticamente el mismo CO<sub>2</sub> que en un escenario conservador, podrían capturar 18 mil hectáreas de bosque húmedo en un año".*

*Además, añadió que se realizó un proceso de consulta previa por parte de la compañía Vientos del Norte S.A.S. con las comunidades indígenas de la zona para el otorgamiento de la licencia ambiental.*

*SIC – EL ESPECTADOR 19 Nov 2018*

Por otra parte, EPM desarrolló el [Parque Eólico Jepirachi](#) localizado en la región nororiental de la Costa Atlántica, entre las localidades del Cabo de la Vela y Puerto Bolívar, inmediaciones de Bahía Portete, en el municipio de Uribia.

Consta el proyecto Parque Eólico Jepirachi con una capacidad instalada de 19,5 MW de potencia nominal, 15 aerogeneradores de 1,3 MW cada uno, que aprovecha los vientos alisios que soplan a un promedio de 9,8 m/s. Las máquinas están distribuidas en dos filas de ocho y siete máquinas respectivamente, en un área aproximada de un kilómetro de largo en dirección paralela a la playa y 1,2 kilómetros de ancho al norte de la ranchería Kasiwolin y al occidente de la ranchería Arutkajui.

El conjunto entró en operación el 19 de abril de 2004.

## **¿COMO SE CONSTRUYE E INSTALA UN PARQUE EOLICO?**

El proceso está compuesto, generalmente, por 9 pasos:

### **1. ESTUDIO PRELIMINAR**

Se trata del estudio técnico previo para valorar la idoneidad de un espacio para ubicar un parque eólico o solar. Se analizan las condiciones orográficas, las corrientes e intensidad de vientos; terrenos afectados; datos técnicos básicos de lo

que será el proyecto; organismos afectados, Estudio de Seguridad y Salud; y se realiza un Estudio de Impacto Ambiental.

## **2. TRAMITACIÓN, AUTORIZACIONES Y ACUERDOS CON PROPIETARIOS DE TERRENOS**

Se solicita la Autorización Administrativa Previa y de Construcción (ACC)a Industria. Para ello, hay que conseguir previamente la DIA (Declaración de Impacto Ambiental). Se contactan con todos los organismos afectados, como, por ejemplo: Confederaciones Hidrográficas, Ayuntamientos, Fomento (por carreteras), Patrimonio (el que, en algunos casos, solicita hacer prospecciones arqueológicas), etc. Sale a Información Pública para posibles alegaciones.

Obtenida la DIA, y considerando todos los comentarios recibidos, se emite la AAC y con ello, se solicita la Licencia de Obras al Ayuntamiento correspondiente.

Se terminan de cerrar los acuerdos con propietarios acerca de los terrenos y, una vez obtenida la DUP (Declaración de Utilidad Pública), se comienza el proceso expropiatorio.

Dentro de ésta fase operará una póliza de TRC destinada a cubrir hasta la entrada en operación, toda la fase construcción

## **3. ACUERDOS COMERCIALES**

Este tipo de proyectos requiere de equipos de alto nivel cuya fabricación conlleva meses y de contratos de ejecución complejos con plazos muy ajustados.

Se destacan los siguientes acuerdos: Contrato de fabricación, suministro e instalación de aerogeneradores; Contrato BOP (Balance of Plant) para la ejecución de los trabajos civiles y eléctricos en el parque; Contrato EPC (Engineering, Procurement & Construction, también conocido como Llave en mano), para la ejecución de trabajos como subestaciones y líneas de alta tensión; y Contratos de suministros de materiales varios, por ejemplo: transformadores de potencia.

## **4. FABRICACIÓN DE COMPONENTES**



Hay ciertos componentes principales, como los transformadores y los aerogeneradores, que requieren de un largo plazo de fabricación (hasta 6-7 meses), por lo que es importante comenzar el proceso lo antes posible. Para ello, se realiza el seguimiento de la fabricación y se realizan los ensayos y pruebas pertinentes en fábrica.

## 5. ADECUACIÓN DE ACCESOS Y CAMINOS

Debido a las grandes dimensiones de los aerogeneradores a instalar, es necesario adecuar los caminos. Eso conlleva 2 partes:

**Accesos externos:** son las carreteras locales existentes en la que a veces hay que realizar actuaciones de mejora y/o desvíos e incluso algunas actuaciones de recuperación tras las obras, debido al impacto que puedan sufrir durante la ejecución.

**Accesos internos:** habitualmente se realiza la adecuación de los terrenos existentes para abrir nuevos caminos de acceso hasta la posición donde serán instalados los aerogeneradores.

## 6. TRABAJOS ELÉCTRICOS DE RED DE MEDIA TENSIÓN Y CIMENTACION

Existen circuitos soterrados de media tensión que conectan varios aerogeneradores entre sí a una subestación (o bien existente o de nueva construcción) que, por optimización, se intentan diseñar a lo largo de los caminos de acceso, para un menor impacto medioambiental. Estos cables de media tensión conectan con una subestación elevadora a alta tensión.

Las cimentaciones de los aerogeneradores son cimentaciones circulares con las siguientes dimensiones aproximadas: unos 20m de diámetro y más de 2m de profundidad.

Para esto, los pasos a seguir son: excavaciones (en algunos casos, requiere voladura) nivelación, hormigón de limpieza, montaje de armadura (jaula de pernos),

hormigonado y cobertura térmica para asegurar un fraguado óptimo, en los casos de condiciones meteorológicas extremas.

Durante esta fase, también se ejecutan las plataformas temporales donde estarán las grúas (de entre 200 y 500 toneladas), para el montaje de los aerogeneradores.

## **7. COORDINACIÓN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE DE LOS COMPONENTES**

Una vez el equipo de calidad da el visto bueno, el departamento de logística gestiona todo el transporte (en carreteras, puertos e incluso aeropuertos).

Dadas las dimensiones de algunos equipos, se requiere de permisos especiales de paso, avisando con antelación a las autoridades civiles e incluso coordinando con la policía para cuando hay que hacer cortes de accesos.

En algún caso, se han requerido estudios de carga de algunos puentes sobre vías ferroviarias o estudios de tráfico y de análisis de alternativas (plan B).

## **8. MONTAJE AEROGENERADORES y TORRE DE MEDICIÓN**

Para el montaje de los aerogeneradores es necesario montar una gran grúa con antelación para el montaje de todas las partes que tienen unas dimensiones aproximadas de unos 100 m de altura de rotor y un diámetro de más de 130 m.

Una vez montado el aero, se conectan los sistemas eléctricos e hidráulicos que permitirán su puesta en funcionamiento. La torre de medición sirve para medir las condiciones meteorológicas.

## **9. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA**

La superación de las pruebas es una etapa fundamental en la aceptación administrativa de la instalación. Los primeros test los realizan las empresas contratistas. Son test principalmente de inspección visual, validación del montaje, correcto conexionado, revisión de la alta tensión, etc.

Desde el momento en el que se indica que ha finalizado la construcción de la instalación se realizan las pruebas de **cold commissioning [Pruebas en Frío]**. Estas pruebas generalmente se realizan utilizando un generador diésel y nos permite



validar el funcionamiento de los equipos antes de que estos se vean sometidos a ensayos en carga.

La siguiente etapa se conoce como **hot commissioning [Pruebas en Caliente]** y en esta etapa la instalación ya se encuentra energizada. Se realizan pruebas de control y protección, pruebas funcionales, pruebas de comunicaciones. Por último, se deben hacer las pruebas con el operador del sistema, normalmente establecidas preliminarmente por la Ley.

En la etapa de Construcción – Montaje, es menester contar con una póliza TR destinada a cubrir adecuadamente los procesos descritos en la construcción y el de los montajes que a continuación se mencionan, además de aquellas coberturas típicas asociadas, principalmente de RCE y Equipo y Maquinaria, tanto de los Parques como de los equipos utilizados para su montaje.

## PARQUES EOLICOS: COMPONENTES Y PROCESOS

Como ya se anotó, la energía eólica tiene origen en el movimiento de las masas de aire, es decir, en el viento. Éste es una fuente de energía inagotable y disponible a nivel mundial y que, al igual que la mayoría de las fuentes de energía renovables, proviene del sol, ya que, son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geográficas de la Tierra y sus consecuentes diferenciales de presión, las causas que generan la circulación de aire.

En Colombia el comportamiento del viento puede observarse directamente en el **Atlas Interactivo de Vientos del IDEAM**, y para evaluar un potencial Eólico, es posible acceder al documento **Sesgo de la velocidad del viento en superficie**

De este modo, el fenómeno del viento está presente en todos los rincones de nuestro planeta, pero la mayor o menor potencialidad del mismo es lo que hace más o menos interesantes ciertos lugares para la obtención de energía con fuente eólica. En general, en las áreas costeras, las llanuras interiores abiertas, los valles transversales y las zonas montañosas es donde existe mayor potencial de viento.

De forma abreviada podemos afirmar que un parque eólico de generación eléctrica consiste en una serie de instalaciones que transforman la energía cinética del flujo del viento en energía eléctrica. Y, debido a las peculiares características de los vientos, de comportamiento irregular en su intensidad y dirección, el aprovechamiento de esta energía exige una tecnología compleja, con mecanismos de regulación y orientación. En ello consisten los equipos más relevantes de un parque eólico, esto es, los aerogeneradores.

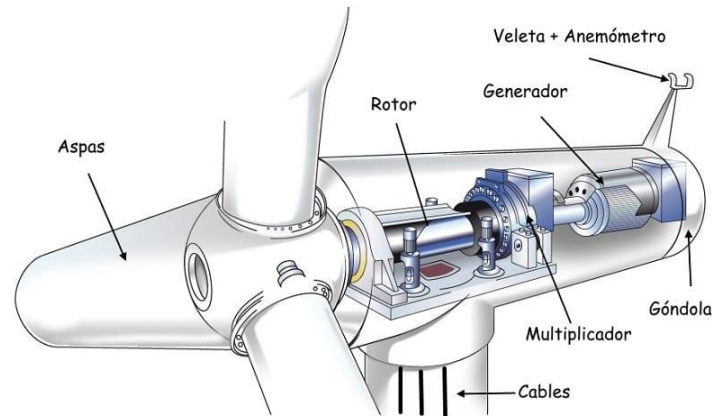
## AEROGENERADORES



Un sistema conversor de energía eólica transforma la energía cinética del viento en un movimiento rotatorio que se utiliza según la aplicación del sistema eólico. Es decir, si se trata de un sistema de bombeo de agua el equipo empleado se denominará aerobomba, si se acciona un dispositivo mecánico se denominará aeromotor y si se trata de un generador eléctrico, como es el caso que nos aplica, se denominará **aerogenerador**.

Los **aerogeneradores**, o **aeroturbinas**, se clasifican en dos grandes bloques, según sean de eje **horizontal o vertical**. Y dentro del primer grupo se distinguen los de ejes paralelos a la dirección del viento de los perpendiculares. Los molinos convencionales, se clasifican dentro de los de eje horizontal y paralelos al viento. Ésta es la tipología que se considera en el presente escrito, aunque con la incorporación de grandes avances científicos y tecnológicos. Son las máquinas eólicas del siglo XXI que constituyen los modernos parques eólico - eléctricos.

Los aerogeneradores en su conjunto **pueden llegar a medir hasta 200 metros de altura y 20 toneladas** de peso. Su estructura y sus componentes son complejos y están fabricados para optimizar al máximo la generación de energía a partir de la velocidad del viento.



### Componentes principales de un Aerogenerador

Un aerogenerador consta de los siguientes componentes básicos:

**1. Rotor: incluye las palas y el buje:** cuando el viento incide sobre las palas, éste provoca su movimiento rotacional, que se transfiere al buje. Éste, a su vez, está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador, transmitiéndole la potencia del movimiento.

**2. Góndola:** estructura que contiene en su interior el eje de baja velocidad, el multiplicador, el eje de alta velocidad, el generador de corriente, la unidad de refrigeración, el controlador electrónico, el freno, el anemómetro y la veleta.

El movimiento del eje de baja velocidad es amplificado mediante la caja de engranajes, o multiplicador, que aumenta la velocidad de rotación del rotor unas 50 veces, para que la velocidad de rotación que recibe el generador, a través del correspondiente eje, sea de unas 1.500 r.p.m.

En el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Su potencia varía en función de las características técnicas del aerogenerador en cuestión.

Los demás componentes de la góndola son complementarios, pero imprescindibles. Así, la unidad de refrigeración contiene un ventilador utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua. El controlador electrónico es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el

mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador) detiene automáticamente el aerogenerador y envía una señal al ordenador del operario encargado de su mantenimiento.

Por su parte, el anemómetro y la veleta son instrumentos de medición del viento, necesarios para la monitorización y orientación que lleva a cabo el controlador del aerogenerador. De este modo, el controlador electrónico conecta el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s, y lo parará cuando esta velocidad exceda los 25 m/s, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico para girar el aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

El eje de alta velocidad está equipado de un freno de disco mecánico de emergencia, utilizado en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

**3. Torre:** soporta la góndola y el rotor, y se sustenta en el terreno a través de una **zapata de cimentación**. La altura de la torre está relacionada con la cantidad de energía generada por el aerogenerador. Además del sostenimiento estructural, en su interior se aloja el cableado de transmisión de energía.

Posteriormente un transformador aumentará la tensión eléctrica para ser transportada a la red eléctrica.

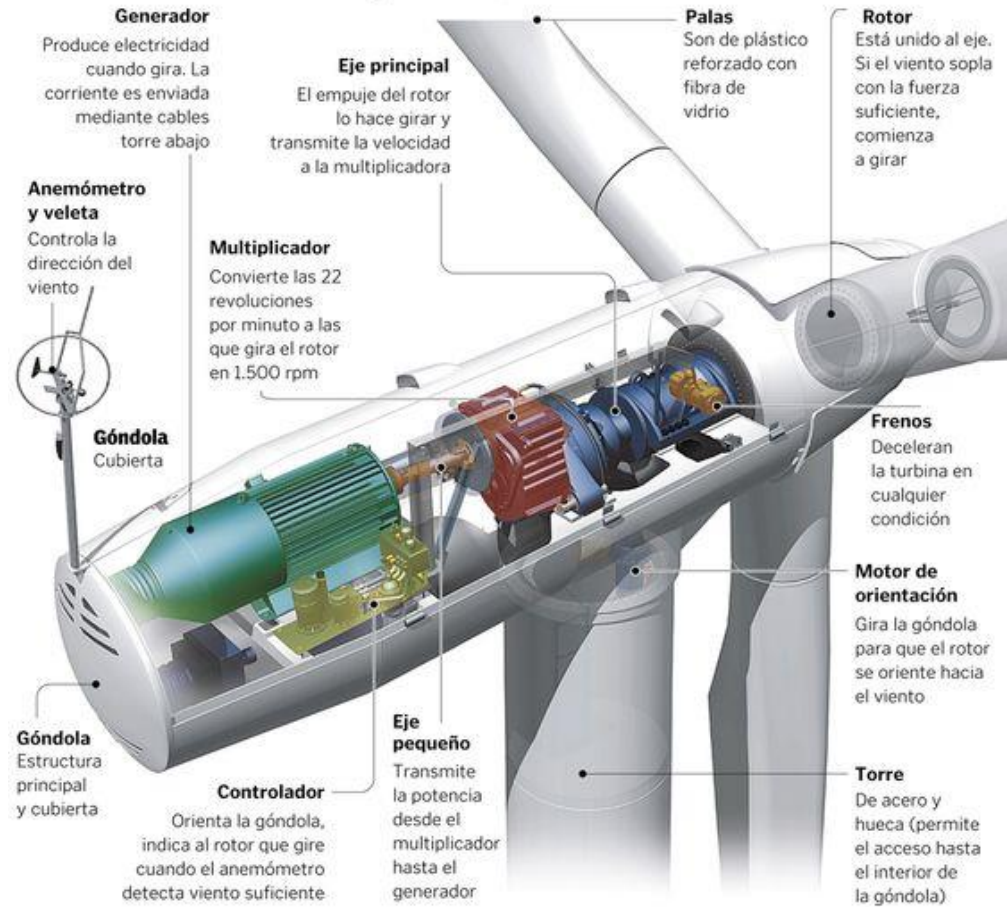
### COMPONENTES DE GENERACION Y CONTROL

- **Anemómetro:** Es un dispositivo que mide la velocidad del viento. Sirve para poner en funcionamiento o detener el aerogenerador, pues éste sólo funciona en un rango de velocidad del viento. A escasa o excesiva velocidad del viento, las palas se detienen. Generalmente, con vientos superiores a 5 m/s, un generador se pone en funcionamiento, aunque depende del modelo.
- **Veleta:** Aparte de la velocidad, algunos aerogeneradores pueden detectar la dirección del viento y orientarse respecto a ella.
- **Buje:** Conecta el rotor con el eje de baja velocidad.

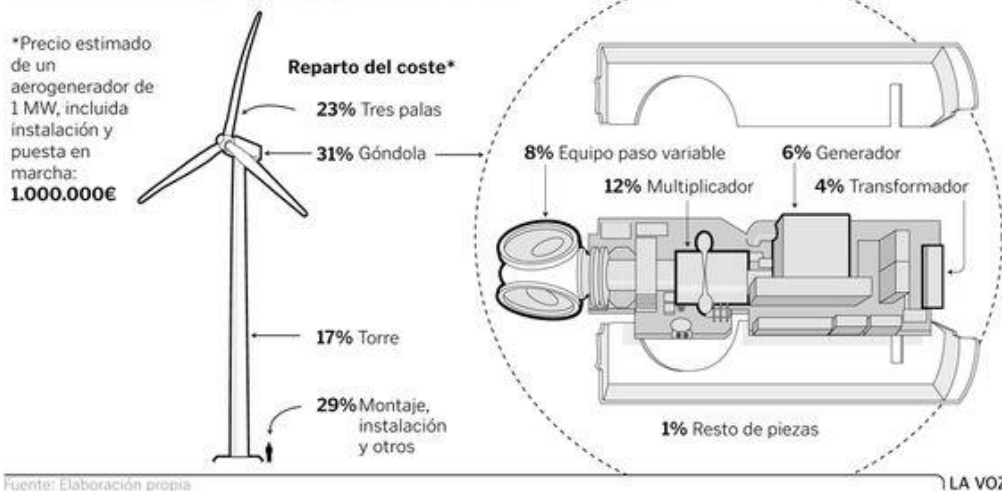
- **Eje de baja velocidad:** Entre el buje y el multiplicador. En un aerogenerador de 600 kW, el rotor gira muy lento, entre 19 y 30 revoluciones por minuto (rpm). Cuenta con un sistema hidráulico que hace funcionar los frenos aerodinámicos.
- **Multiplicador:** Situado entre los dos ejes. Como su nombre indica, es el responsable de que el eje de alta velocidad gire cincuenta veces más rápido que el eje de baja velocidad.
- **Eje de alta velocidad:** Gira, aproximadamente, a una velocidad de 1.500 rpm, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico.
- **Generador:** Transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- **Controlador:** Analiza las condiciones del viento y otras variables para aumentar la eficiencia del aerogenerador.
- **Unidad de refrigeración:** Tienen un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. También lleva aceite para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.



**Funcionamiento de un aerogenerador**



**COMPONENTES DEL AEROGENERADOR Y COSTE**





Entre los componentes estructurales y de **diseño de un aerogenerador** tenemos:

### **La base**

Lo básico para un aerogenerador es estar **bien sujeto a una base fuerte**. Para ello, los aerogeneradores de eje horizontal se construyen con una cimentación subterránea de hormigón armado que se adapta al terreno en el que se encuentra y ayuda a soportar las cargas del viento.

### **La torre**

La torre es la parte del aerogenerador que **soporta todo el peso y es el que mantiene elevadas del suelo las palas**. Está construida de hormigón armado por la parte de abajo y de acero por la de arriba. Normalmente es hueca para permitir el acceso a la góndola. La torre es la encargada de elevar el aerogenerador lo suficiente para que pueda aprovechar las máximas velocidades de viento posible. Al extremo de la torre se fija una góndola giratoria de acero o fibra de vidrio.

### **Las palas y el rotor**

Las turbinas actuales están formadas por **tres palas ya que proporciona una mayor suavidad en el giro**. Las palas están fabricadas de un material compuesto de poliéster con un refuerzo de fibras de vidrio o carbono. Estos compuestos le otorgan una mayor resistencia a las palas. Las palas pueden llegar a medir hasta unos 100 metros de largo y van conectadas al buje del rotor. Gracias a este buje, las palas pueden cambiar el ángulo de incidencia de las palas para aprovechar bien el viento.

En cuanto a los rotores, en la actualidad **son horizontales y pueden tener articulaciones**. Normalmente, este está situado a barlovento de la torre. Esto se hace para poder reducir las cargas cíclicas sobre las aspas que aparecen si se situara a sotavento de ella, ya que si se coloca una pala por detrás de la estela de la torre, la velocidad que incide estará muy alterada.

### **La góndola**

Dado que se trata de un cubículo puede decirse que **es la sala de máquinas del aerogenerador**. La góndola gira en torno a la torre para colocar la turbina mirando en dirección al viento. En la



góndola se encuentra la caja de cambios, el eje principal, los sistemas de control, el generador, los frenos y los mecanismos de giro.

### **La caja de cambios**

La función que tiene la caja de cambios es la de **ajustar la velocidad de giro** del eje principal a la que necesita el Generador.

### **Generador**

En los aerogeneradores de hoy en día **existen tres tipos de turbinas** que varían sólo por el comportamiento del generador cuando éste se encuentra en condiciones de excesiva velocidad de viento y se intentan evitar las sobrecargas.

Casi todas las turbinas emplean uno de estos 3 sistemas:

- Generador de inducción de jaula de ardilla
- Generador de inducción bifásico
- Generador síncrono

### **Sistema de frenado**

El sistema de frenado **es un sistema de seguridad** que cuenta con discos que ayudan en situaciones de emergencia o de mantenimiento parar el molino y evitar daños en las estructuras.

### **Sistema de control**

El molino eólico está totalmente **controlado y automatizado por el sistema de control**. Este sistema está formado por ordenadores que manejan la información que suministran la veleta y el anemómetro colocados encima de la góndola. De esta forma, conociendo las condiciones meteorológicas, se puede orientar mejor al molino y las palas para optimizar la generación de energía con el viento que sopla. Toda la información que reciben sobre el estado de la turbina se puede enviar de forma remota a un servidor central y tenerlo todo controlado. En caso de que las velocidades del viento o las condiciones meteorológicas puedan dañar la estructura del

aerogenerador, con el sistema de control se puede conocer rápido la situación y activar el sistema de frenado, evitando así daños.

Gracias a todas estas partes del aerogenerador se puede **generar energía eléctrica a partir del viento** de una forma renovable y no contaminante para el medioambiente.

### CENTRALES EOLO-ELÉCTRICAS

La aplicación más importante de la energía eólica es la generación de electricidad mediante el empleo de las aeroturbinas que acaban de ser descritas.

Un proyecto eólico puede estar constituido de uno o dos aerogeneradores, si se trata de pequeños sistemas, o de varias decenas de ellos, para sistemas de gran potencia. Los primeros suelen corresponder a centrales de generación aislada, con aprovechamiento directo de la electricidad o bien con almacenamiento de energía en baterías, pero utilizando generalmente aerogeneradores de pequeña potencia. En el segundo caso, que viene siendo más habitual, el aprovechamiento del recurso eólico se realiza mediante conexión a red eléctrica de las aeroturbinas de gran potencia, constituyendo lo que se denomina parque eólico.

El Plan de Energías Renovables, debe definir los principales parámetros de una instalación "eólica tipo" con aprovechamiento energético. Estos datos se recogen en la tabla que se expone **como ejemplo**:

EVALUACION DE UN PARQUE EOLICO		
Potencia eléctrica	25 MW	
Potencia unitaria aerogeneradores	850 – 1.500 kW	
Número de aerogeneradores	30 -16	
Vida útil	20 años	
Horas equivalentes de funcionamiento	2.350 h	
Producción eléctrica neta	58.750 MWh/año	
Costos de explotación (Año )	22% / Facturación	US 1,6 / kWh
Gastos de desmantelamiento	3,5% S/Inversión	US 902.000
Inversión (Año )	US 3,279 / kW	US 81.975.000 / kW

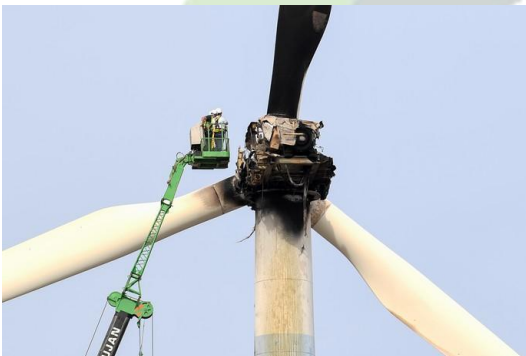
Por otro lado, en el diseño de un parque eólico los aerogeneradores deben ser colocados de manera óptima y en función de diversas variables, como la ubicación de infraestructura existente (accesos y red eléctrica), la viabilidad económica, los impactos paisajístico-ambientales (tratados en posteriores epígrafes) y la producción de energía. En efecto, las turbinas han de situarse a cierta distancia las unas de las otras, en términos de aerodinámica, puesto que el paso del viento por las palas de un aerogenerador genera turbulencias en el mismo.

Como norma general, y en la medida que la topografía lo permita, la separación entre aerogeneradores en un parque eólico es de 5 a 9 diámetros de rotor en la dirección de los vientos dominantes, y de 3 a 5 diámetros de rotor en la dirección perpendicular a los vientos dominantes.

Los aerogeneradores más ofertados en el mercado actual constan de tres palas, pudiendo ser también de una o de dos. Esta mayor presencia se explica porque son más equilibrados, al mismo tiempo que generan una menor contaminación acústica. De este modo, la selección técnica de un aerogenerador suele basarse en la relación existente entre la potencia eléctrica que produce y el tamaño de sus componentes, rotor y torre.

El presente escrito no pretende abordar la viabilidad en términos de eficiencia energética ni económica, sino realizar un análisis de aquellos factores con capacidad para inducir efectos, positivos o negativos, sobre los elementos del medio, incluyendo los parámetros socioeconómicos.

#### **LOS SINIESTROS MAS COMUNES OCURRIDOS EN SISTEMAS DE GENERACION EOLICA**



**Incendio accidental del Aerogenerador**



**Caída del conjunto por vientos fuertes**



**Incendio por Impacto de rayo**



**Impacto de viento sobre aspas**



**Falla en el proceso de Montaje**



**Falla en el proceso de Montaje**



**Fallas Estructurales**



**Fallas en Procesos de Mantenimiento**

A manera de ejemplo, un estudio realizado durante 15 años en Dinamarca, expresa que los daños más habituales son los siguientes:

TIPO DE DAÑO	% SINIESTROS	% COSTO SINIESTRAL
Daño Mecánico	40%	40%
Rayo	20%	25%
Incendio	7%	9%
Tormentas	4%	2%
Responsabilidad Civil	0,5%	0,2%
Otros	28,5%	23.8%



Juan Carlos Lancheros. P.E Mech, B.B.A, I.M.S, P.M.S, F.M.S, Cert CILA