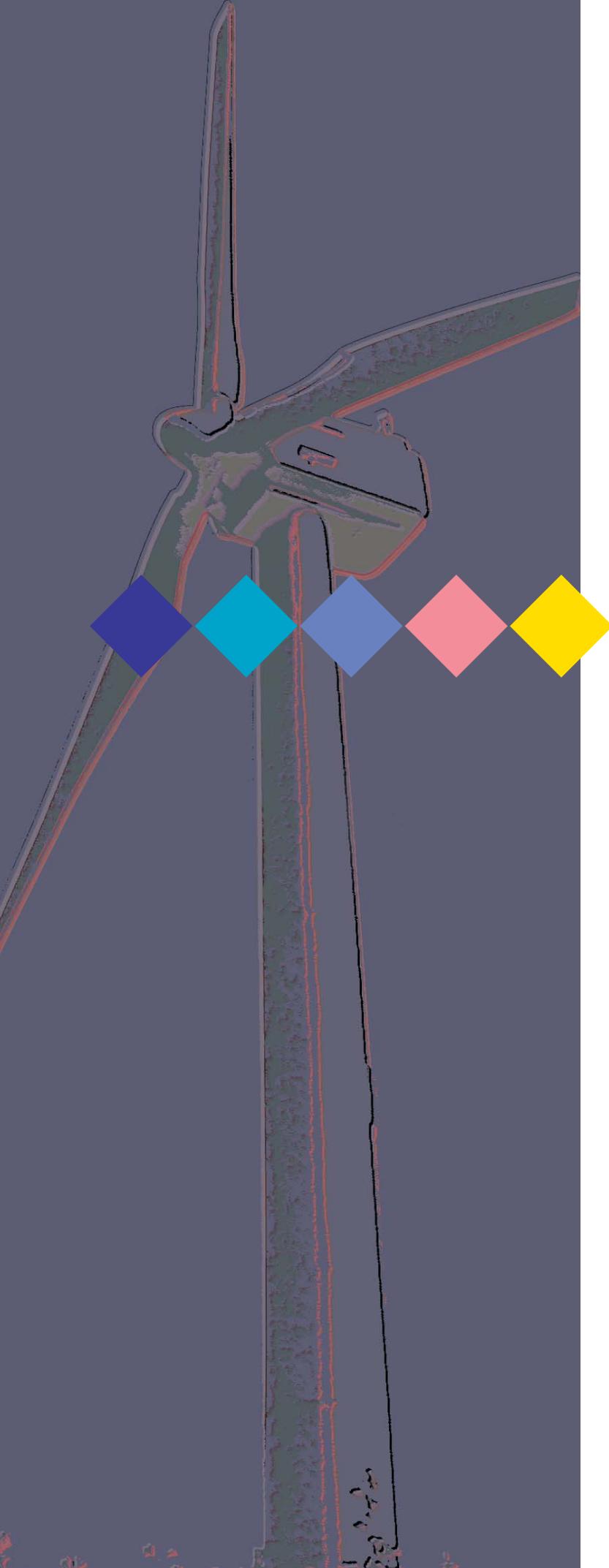


ENERGÍA EÓLICA

EL RECORRIDO DE LA ENERGÍA





■ Dirección General de Industria,
Energía y Minas
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Comunidad de Madrid

contenido

El viento

Descripción de la tecnología

Aplicaciones de la energía eólica

Situación de la energía eólica
en la Comunidad de Madrid

Aspectos ambientales, económicos y legales

Proyectos de energía eólica
en la Comunidad de Madrid

EDICIÓN PARA LA COMUNIDAD DE MADRID

DIRECCIÓN: Carlos López Jimeno Director General de Industria, Energía y Minas
de la Comunidad de Madrid

EQUIPO DE TRABAJO: Jorge Iriarte Burgos
Pedro Antonio García Fernández

© Comunidad de Madrid
Consejería de Economía e Innovación Tecnológica
Dirección General de Industria, Energía y Minas

Esta edición ha contado con el soporte de los programas europeos ALTENER y
SAVE, de la Dirección General de Energía (DG XVII), de la Comisión Europea y
la colaboración del Centre International des Energies Nouvelles CIEN, y está
basada en la obra elaborada por el Instituto Catalán de Energía del
Departamento de Industria, Comercio y Turismo de la Generalitat de Cataluña,
que fue redactada por las siguientes personas:

DIRECCIÓN: Albert Mitjà, Director del ICAEN
EQUIPO DE TRABAJO: Joan Josep Escobar Xavier Martí
Nuria Reol Yolanda Larruy
Cristina Castells

PRIMERA EDICIÓN: 2002

TIRADA: 1.700

EDITOR: E.i.S.E. Domènech, S.A.

DISEÑO: Vicenç Cegarra

MAQUETACIÓN: Tumar Autoedición, S.L.

IMPRESIÓN: Tallers Gràfics Soler, S.A.

DEPÓSITO LEGAL: B-41681-2002

Entre las denominadas energías renovables, la energía eólica es una de las más utilizadas en el transcurso de la historia. Desde hace siglos, el hombre ha sabido aprovechar la energía del viento para desplazarse por el mar, moler maíz o bombear agua. En cambio, hasta el siglo XX, no empieza el aprovechamiento comercial de la energía eólica para la producción de electricidad.



◆ EL VIENTO

El calentamiento de la Tierra, causado por la radiación del Sol, provoca diferencias de temperatura y presión entre las masas de aire atmosféricas de diferentes puntos del planeta.

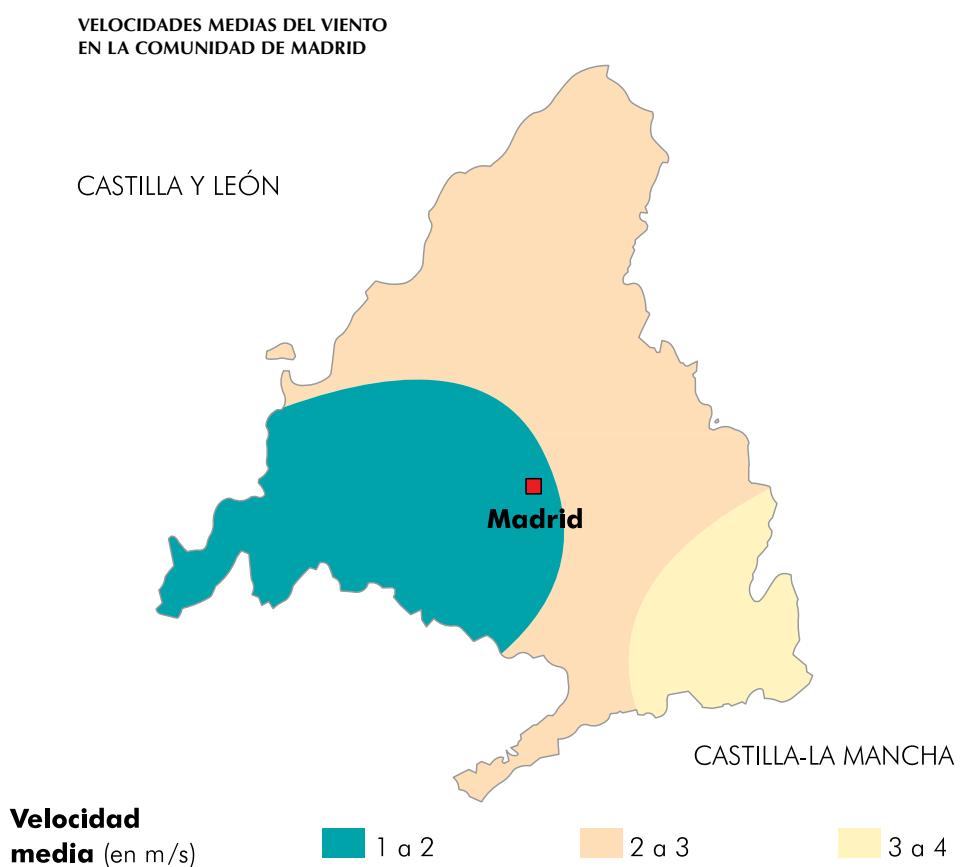
Cuando estas masas de aire se reorganizan y se mueven, buscando estar todas a la misma temperatura y presión, aparece el viento (aire en movimiento). A escala global, son la rotación de la Tierra sobre ella misma y la diferencia de temperaturas que hay entre las zonas ecuatorial y polares las causas que originan las corrientes de aire; mientras que, a escala local, son las particularidades de la orografía del terreno las que determinan la presencia y las características del viento.

Las posibilidades de aprovechamiento del viento como recurso energético están condicionadas por la variabilidad propia

de este fenómeno atmosférico y por los requisitos técnicos mínimos necesarios para el funcionamiento de las instalaciones.

Las condiciones de viento cambian de manera permanente, tanto en intensidad, como en dirección. Por eso, es necesario conocer detalladamente estas variaciones. Los aparatos que permiten medir la velocidad y la dirección predominante del viento son el anemómetro y la veleta, respectivamente.

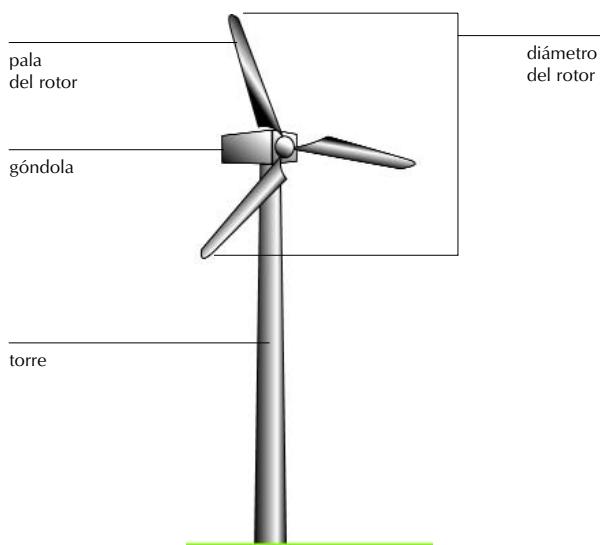
Respecto al funcionamiento de las instalaciones eólicas, con la tecnología actual se exigen vientos con unas velocidades, como mínimo, de 6,5 m/s, y unas 2.400 horas equivalentes al año, para garantizar un buen rendimiento.



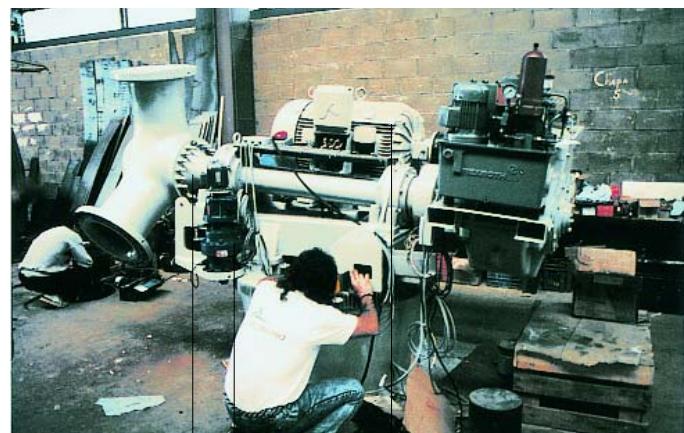
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

◆ DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En el aprovechamiento energético del viento, las máquinas eólicas permiten resolver, desde aplicaciones de pequeña potencia para bombeo de agua o electrificación rural (máquinas de pequeña potencia), hasta parques eólicos (instalaciones de gran potencia) conectados a la red eléctrica, con aerogeneradores de potencias nominales entre 150 kW y 1.500 kW. En todos los casos, estas máquinas están constituidas por los mismos elementos básicos: un elemento móvil de captación de energía cinética del viento, denominado rotor, que se acopla a un eje que se conecta a una bomba o a un generador eléctrico, según el uso que se haga del aparato.

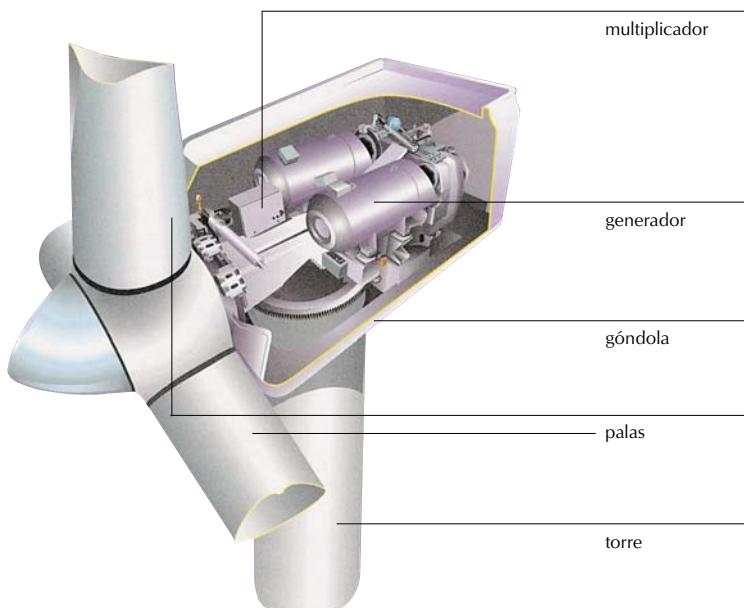


Aerogenerador de eje vertical.



multiplicador
rotor
generador

Los dispositivos más usados en la actualidad, los aerogeneradores, son máquinas de eje horizontal que constan de un rotor, que capta la energía del viento, y un sistema conversor de energía que se une al rotor. Mediante un generador eléctrico, transforma la energía mecánica en energía eléctrica. El conjunto se completa con un bastidor y una carcasa que aloja los mecanismos, y también una torre sobre la que se hace el montaje de todo el sistema, y que también incluye los correspondientes subsistemas eléctricos. Veamos los componentes con más detalle.

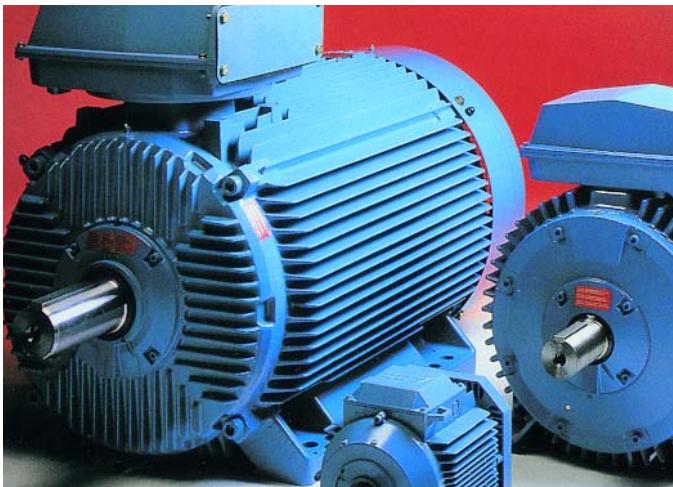


El rotor

Es la parte de la máquina que transforma la energía del viento en energía mecánica. Aumentando el diámetro de las palas, se puede aumentar la superficie de captación de viento y la potencia proporcionada por la máquina. La potencia que suministra el viento por unidad de superficie barrida se conoce como intensidad de potencia del viento. Por encima de una intensidad de potencia de 200 W/m², ya puede ser rentable generar energía eléctrica a partir de aerogeneradores.

Multiplicador

El multiplicador es un conjunto de engranajes que transforman la baja velocidad a la que gira el eje del rotor (entre 20 y 30 vueltas por minuto) a una velocidad más elevada, que se comunica al eje que hace girar el generador.



El generador

El objetivo del generador es transformar la energía mecánica procedente del rotor de la máquina en energía eléctrica. Esta energía se volcará a la red eléctrica o será usada por algún centro de consumo anexo a la instalación.

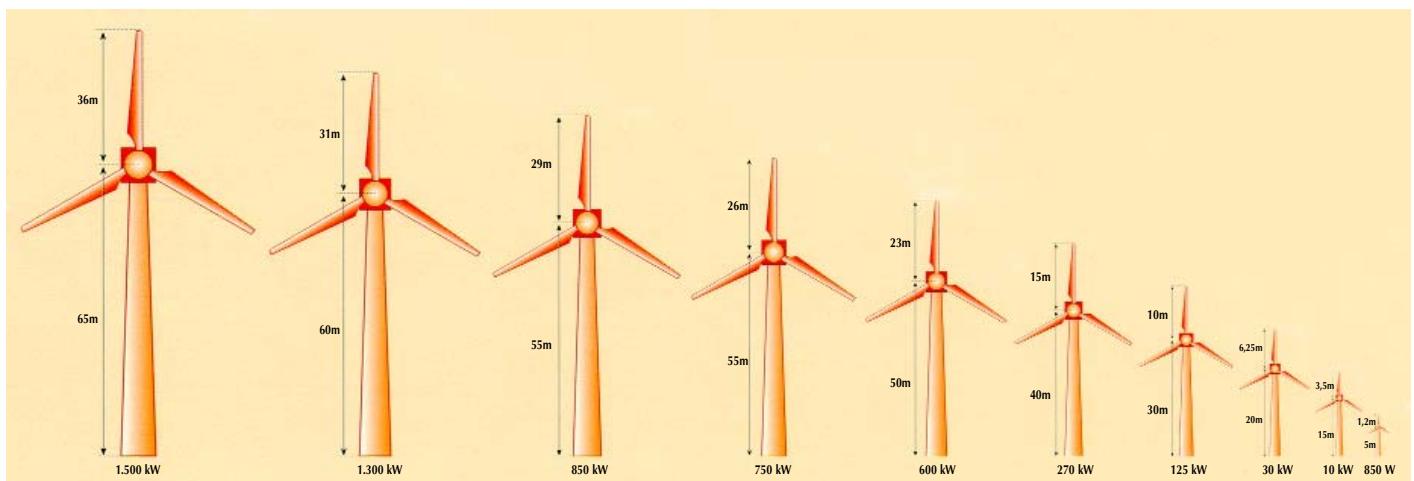


La góndola

La góndola es el conjunto de bastidor y carcasa del aerogenerador. El bastidor es una pieza sobre la que se acoplan los elementos mecánicos principales (el rotor, el multiplicador, el generador) del aerogenerador y que está situada sobre la torre. Este bastidor está protegido por una carcasa, generalmente de fibra de vidrio y poliéster, reforzada con perfiles de acero inoxidable.

Las palas

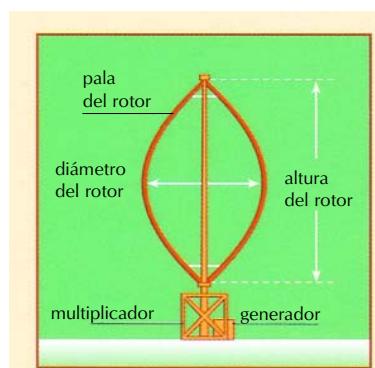
Son los elementos del aerogenerador encargados de captar la energía cinética del viento. Es uno de los componentes más críticos de la máquina, ya que en palas de gran longitud, que permiten un mejor aprovechamiento de la energía, las altas velocidades que se consiguen en los extremos llevan al límite la resistencia de los materiales con que están fabricados (normalmente, fibra de vidrio y poliéster).



Comparación de aerogeneradores.

Hay una amplia gama de aerogeneradores, pero los que demuestran mejores características de funcionamiento y mejor rendimiento son los aerogeneradores tripala, con potencias unitarias que oscilan entre los 600 kW y los 1.500 kW, siendo un mercado creciente, con novedades frecuentes.

Respecto a otros tipos de máquinas de eje horizontal, hay que destacar los molinos multipala, de 12 a 24 palas en el rotor, que permiten aprovechar vientos de velocidad más baja. Se suelen utilizar para el bombeo del agua. Respecto a las máquinas de eje vertical, actualmente están en desuso.



Esquema de un aerogenerador de eje horizontal.

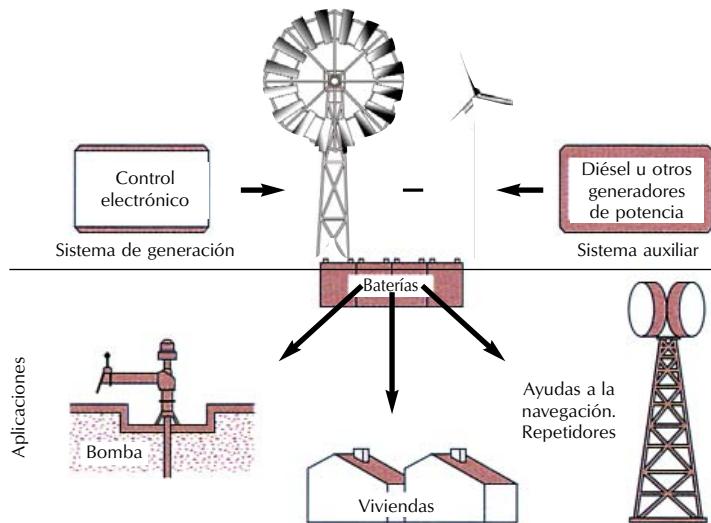
◆ APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica hace referencia a aquella tecnología y aquellas aplicaciones que aprovechan la energía cinética del viento, para convertirla en energía eléctrica o mecánica.

INSTALACIONES AISLADAS

Así, se pueden distinguir dos tipos de instalaciones:

- Instalaciones conectadas a la red eléctrica
 - Parques eólicos
- Instalaciones aisladas (no conectadas a la red eléctrica)
 - Bombeo de agua
 - Suministro eléctrico en la vivienda
 - Otros centros de consumo



Parques eólicos

Un parque eólico es un conjunto de aerogeneradores conectados entre sí a baja tensión que, mediante la acción del viento, transforman la energía cinética en energía eléctrica y que, después de ser transformada en alta tensión, se conectará a la red eléctrica.

Este tipo de instalaciones está produciendo electricidad que se vende a las compañías eléctricas.

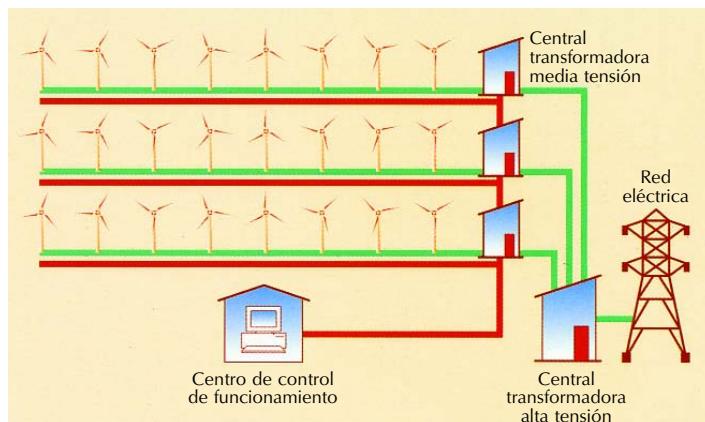
La realización de parques eólicos exige emplazamientos, donde las características del viento cumplan una serie de condiciones respecto a la velocidad, la continuidad y la estabilidad.

Normalmente, son necesarias velocidades medias anuales del viento superiores a los 6,5 m/s.

La distribución y situación de los aerogeneradores en un parque eólico depende de la orografía del terreno y de las direcciones predominantes del viento en la zona.

Normalmente, los aerogeneradores se sitúan linealmente, siguiendo el perfil de la cima, y se orientan según las condiciones del viento.

La distancia entre aerogeneradores, aunque depende de la dirección del viento, se mantiene entre 2 y 3 veces el diámetro de las palas.

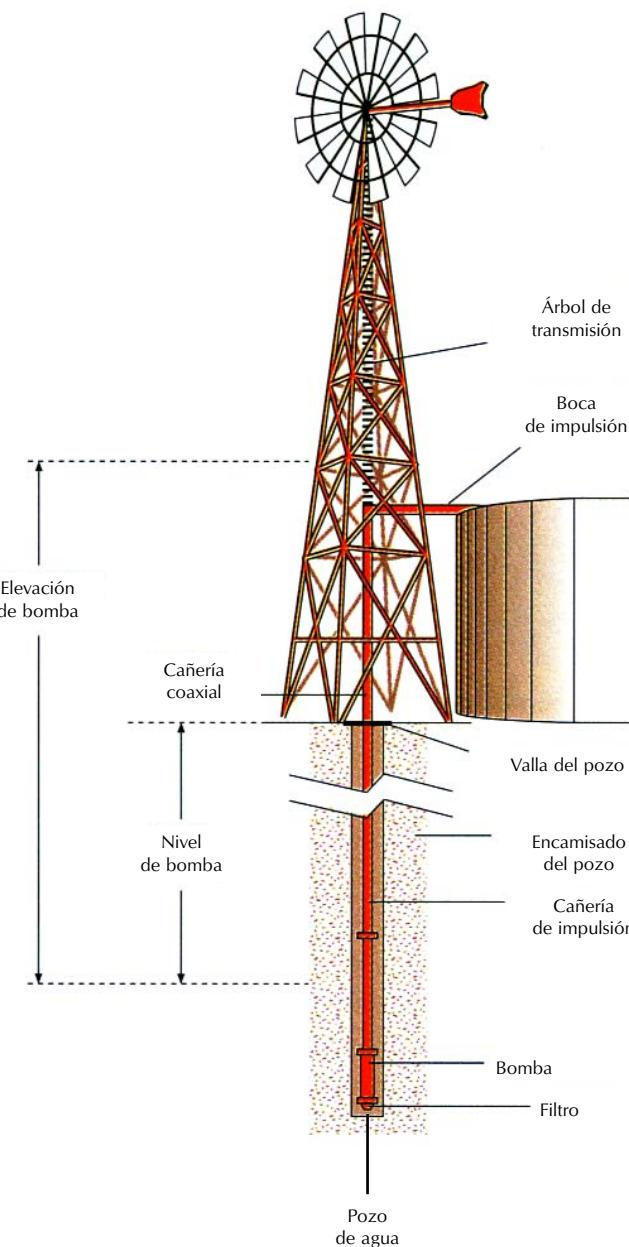


Esquema de funcionamiento de un parque eólico.



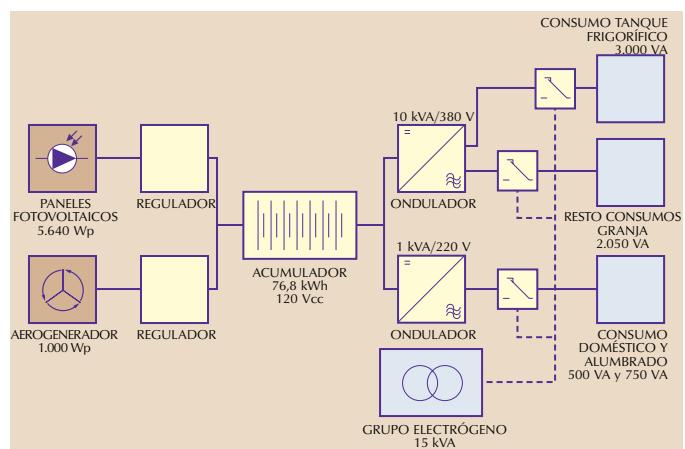
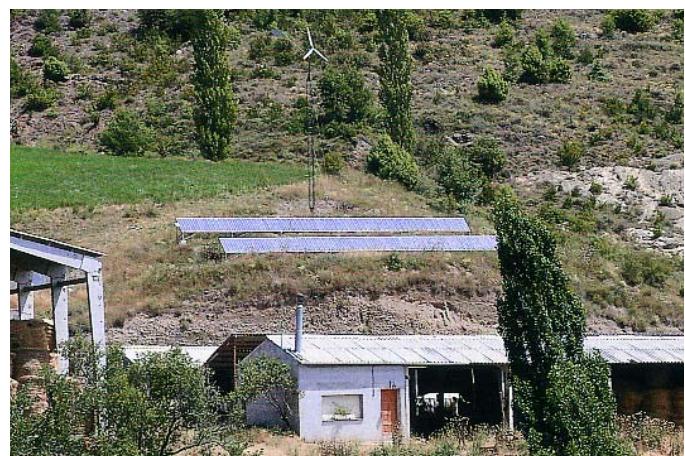
Bombeo de agua

En las instalaciones de bombeo de agua, es habitual utilizar las aerobombas multipalas. A partir del viento se genera energía mecánica que acciona la bomba de la instalación, que permitirá hacer ascender el agua hasta el depósito. Estas aerobombas funcionan a baja velocidad, por lo que pide contar con el máximo número de palas posible, normalmente entre 12 y 24. Estas instalaciones son habituales en zonas rurales, y para consumos propios.



Suministro eléctrico a viviendas y otros centros de consumo

Para este tipo de instalaciones, se utilizan aerogeneradores de pequeña potencia y con una tecnología muy fiable, que reclaman un mantenimiento muy básico. Normalmente, estas instalaciones suelen ser híbridas, eólica-solar fotovoltaica, ya que aprovechan los dos recursos: el viento y el sol.



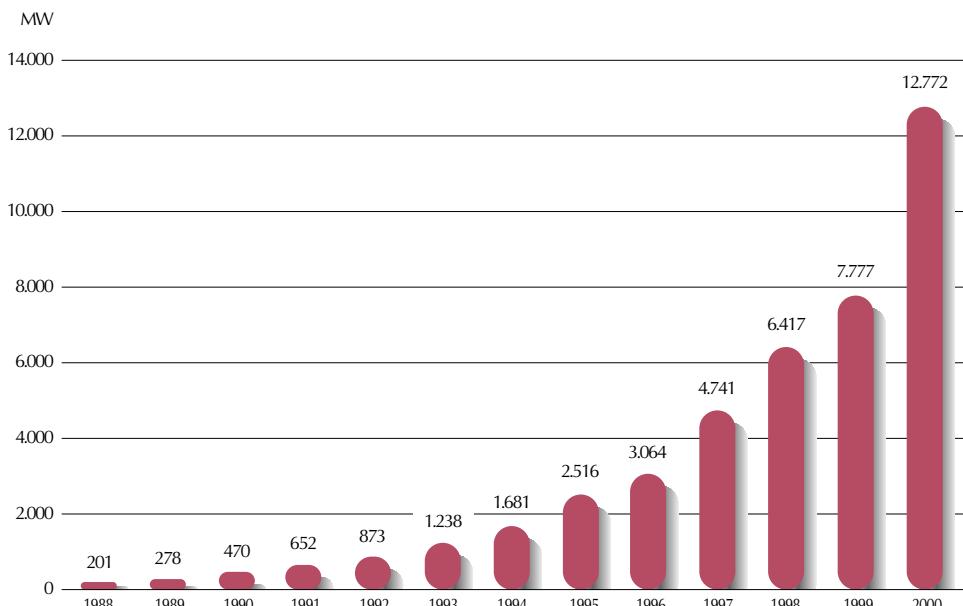
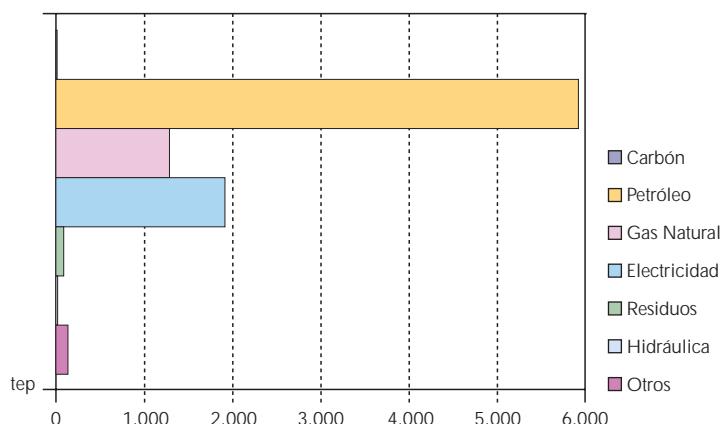
Esquema de funcionamiento de una instalación híbrida eólica y fotovoltaica.

SITUACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Debido a las características propias de la Comunidad de Madrid, la misma no está dotada, en la actualidad, de ningún parque eólico; solamente se pueden encontrar pequeños aerogeneradores aislados. Así, según el "Boletín IDEA: Eficiencia Energética y Energías Renovables (Nº 4)" editado, en junio de 2002, por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Comunidad de Madrid, Cantabria y

Extremadura son las tres únicas comunidades autónomas españolas con una potencia eólica instalada de 0,0 MW. Por el contrario, si se considera el total del país, se puede apreciar que España (3.243,9 MW) se ha consolidado, durante 2001, en la segunda posición por potencia instalada en Europa y la tercera en el mundo, por detrás de Alemania y Estados Unidos.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA COMUNIDAD DE MADRID. AÑO 2000



Evolución de la potencia eólica instalada en Europa (MW).

◆ ASPECTOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y LEGALES

El desarrollo de la energía eólica y su implantación tiene que contribuir muy significativamente a la mejora del medio ambiente y a la calidad de vida, debido a que:

- Las instalaciones eólicas producen energía a partir de un recurso renovable y ampliamente disponible y, por tanto, evitan el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles.
- No generan emisiones contaminantes de CO₂, SO₂ y NO₂, que se producen en las centrales de producción de energía convencional y, por tanto, contribuyen a alcanzar los objetivos marcados en la Cumbre de Kyoto sobre la reducción de las emisiones contaminantes.
- El funcionamiento de los parques eólicos también producirá en beneficio de las zonas rurales, la mejora del abastecimiento y la infraestructura eléctrica.

No hay que olvidar que la implantación de cualquier instalación, y por tanto de un parque eólico, produce un impacto ambiental que hay que minimizar, tanto de manera individualizada en los estudios de impacto ambiental, como globalmente en el territorio.

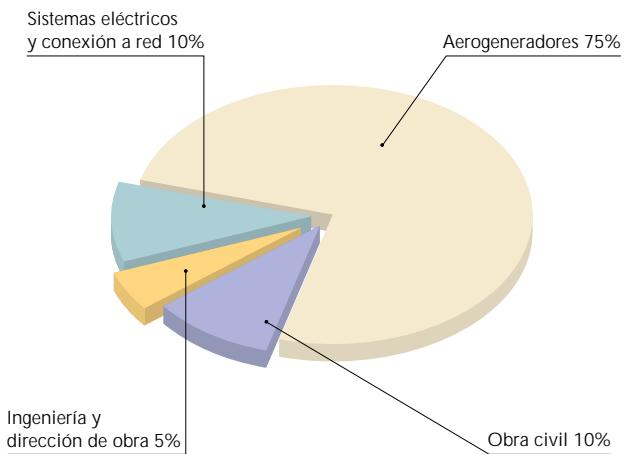
En Europa, aproximadamente un tercio de las emisiones de CO₂ provienen de la generación de energía eléctrica. Con 1 kWh de electricidad generada en una central eólica, se evita la emisión de 1 kg de dióxido de carbono a la atmósfera. Así, con la potencia instalada actualmente en Europa se evita la emisión anual a la atmósfera de unos 9,6 millones de toneladas de CO₂ y 9.200 toneladas de NO_x.

Entre las energías renovables, la energía eólica es una de las más competitivas. La mejora tecnológica, máquinas con potencias unitarias superiores a 1 MW, la disminución de los precios de los aerogeneradores, y la mejora de las condiciones de venta de la energía generada a las compañías eléctricas, han favorecido fuertemente el crecimiento del sector de los últimos años.

A grandes rasgos, la rentabilidad económica de una instalación eólica depende de:

- La inversión que hay que hacer (aerogeneradores, infraestructura eléctrica, accesos, conexión a la red, sistemas de control de la instalación...). Como media, la inversión de un parque eólico oscila sobre los 900 Euros/kW instalado.
- Los costes de explotación (terrenos, operación y mantenimiento, gestión y administración...).
- Cantidad de energía producida (función de las condiciones de velocidad, disponibilidad e intensidad de potencia del viento)
- El precio de venta de la energía eléctrica generada.

DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN DE UN PARQUE EÓLICO



Tal y como muestra la figura, la partida más importante en los costes de inversión de un parque eólico son los aerogeneradores, que normalmente representan alrededor de un 75% del coste global de la inversión.

Respecto a los aspectos legislativos y administrativos, las instalaciones eólicas que generan electricidad están sometidas, por un lado, a la normativa propia de las fuentes de energía renovables y, por otro, a la misma reglamentación que afecta otros equipos y sistemas de autogeneración de energía eléctrica.

GLOSARIO

<u>Anemómetro</u>	Instrumento que mide la velocidad del viento. Aunque hay diversos tipos, los más conocidos son los de rotación o de cazuelitas. Están formados por dos varitas cruzadas que llevan una cazuelita en cada uno de sus cuatro extremos. Este dispositivo puede girar alrededor del punto donde se cruzan las varitas y lo hace tan rápido como sea la velocidad del viento.	<u>Orografía</u>	Forma que toma el relieve de una región terrestre.
<u>Horas equivalentes</u>	Número de horas que funciona la máquina a potencia nominal. Se calcula dividiendo la producción del parque por la potencia nominal.	<u>Veleta</u>	Instrumento que mide la dirección del viento. Normalmente, está formado por una placa metálica ligera de forma variable (flecha, pájaro...), que indica la orientación del viento.
		<u>Potencia nominal</u>	Potencia que desarrolla una máquina, funcionando al ritmo que el fabricante considera más adecuado.



UNION FENOSA



Dirección General de Industria,
Energía y Minas
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Comunidad de Madrid