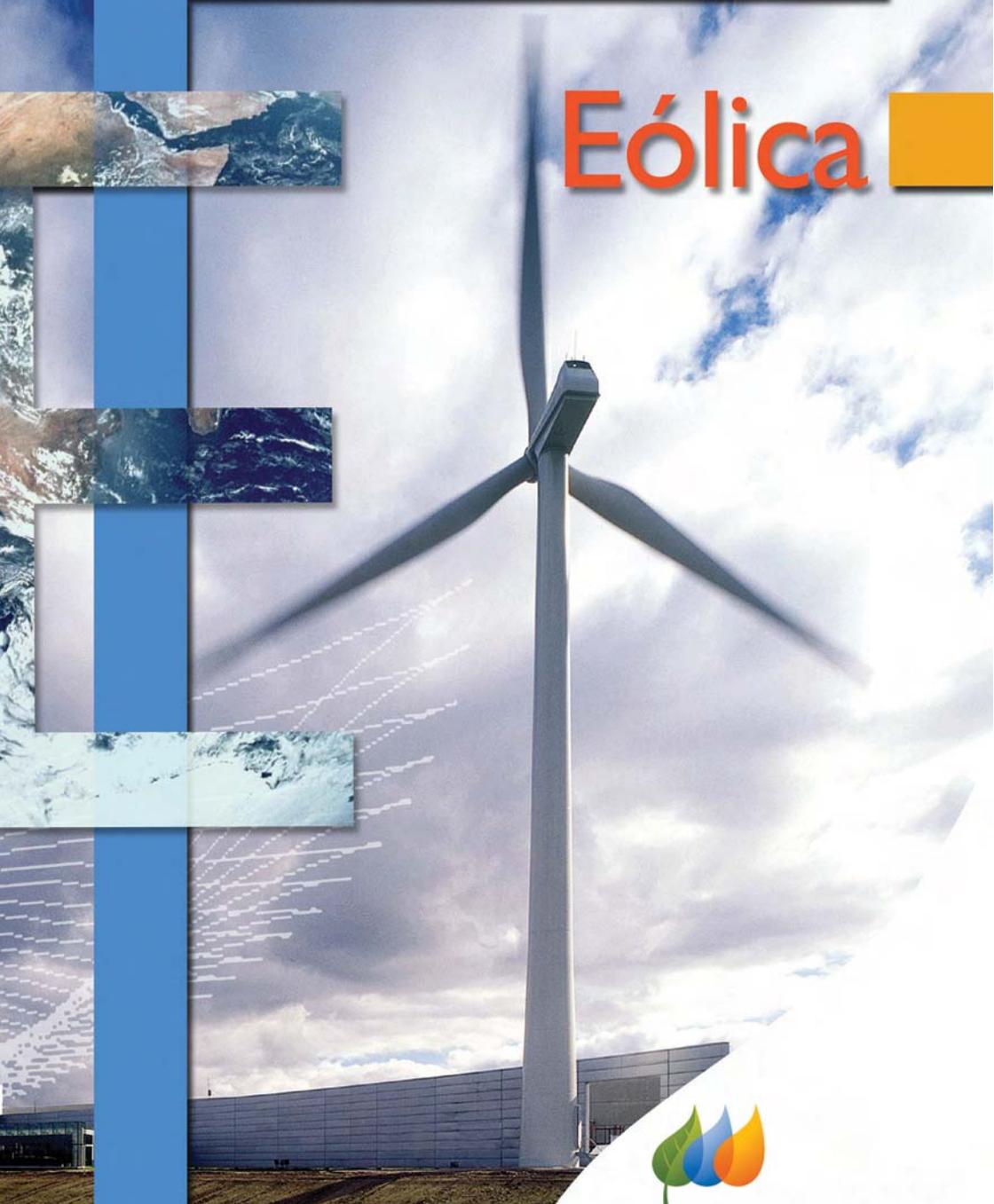


Energías renovables para todos

Eólica



Energías
renOvables



IBERDROLA

Eólica

Pepa Mosquera



EL VIENTO, MOTOR DE LA ENERGÍA EÓLICA

Como la mayoría de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol. Éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente de energía. Pero, ¿cuál es el origen del viento? La respuesta está en que la atmósfera de la Tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores (diferencias entre la superficie marina y la continental, elevación del suelo, alternancia del día y la noche, nubosidad, etc.) y esa irregularidad hace que haya masas de aire con diferentes temperaturas y, en consecuencia, presiones. A su vez, las diferentes presiones provocan que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión hacia las de baja presión, generando el movimiento del aire. Es decir, el viento.

Se calcula que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. Si se excluyen las áreas de gran valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año en el mundo, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en todo el planeta. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

En la práctica, la tecnología actual permite aprovechar, casi exclusivamente, los vientos horizontales. Esto es, los que soplan paralelos y próximos al suelo y siempre que su velocidad esté comprendida entre determinados límites (a partir de unos 3 m/s y por debajo de los 25 m/s).

EL AEROGENERADOR

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad

reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo. Además, se procura situarlos lejos de obstáculos (árboles, edificios, etc.) que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos escasos, del orden del 10%, pero los actuales cuentan con sofisticados sistemas de control que les permiten alcanzar rendimientos próximos al 50%. Un porcentaje muy alto si tenemos en cuenta que la fracción máxima de la energía del viento que puede capturar un aerogenerador es del 59%, según demostró el físico alemán Albert Betz en 1919.

Componentes de un aerogenerador

¿Cómo funciona una turbina eólica?

Una turbina típica contiene más de 8.000 componentes diferentes. Aquí mostramos los elementos principales y su participación, en términos porcentuales, en el precio total del aerogenerador. Los datos están basados en una turbina con palas de 45,3 metros de longitud y torre de 100 metros.

Torre 26.3%

Su altura va desde los 40 a más de 100 metros. Normalmente están fabricadas en secciones de acero laminado. Las estructuras de rejilla y de cemento son opciones más baratas.

Palas 22.2%

De longitud variable, pueden superar los 60 metros. Están elaboradas a partir de materiales compuestos, normalmente una mezcla de fibra de vidrio y resina (epoxy). También pueden estar fabricadas en poliéster en vez de epoxy y llevar fibra de carbono, para añadirles firmeza y rigidez.

Centro del rotor 1.37%

Fabricado en hierro fundido, fija las palas y su posición.

Rodamientos del Rotor 1.22%

Estos rodamientos -la turbina lleva muchos más- deben resistir las fuerzas y cargas variables causadas por el viento.

Eje principal 1.91%

Transfiere la fuerza de giro del rotor a la caja de cambios.

Armazón principal 2.80%

Confeccionado en acero, debe ser lo suficientemente robusto para soportar el tren de la turbina, pero no demasiado pesado.

Caja de cambios 12.91%

Multiplica, en varias etapas, la velocidad lenta del eje del rotor hasta la velocidad alta que requiere el generador.

Generador 3.44%

Convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Se usan tanto generadores síncronos como asíncronos.

Sistema Yaw 1.25%

Se trata de un mecanismo que rota la góndola para que encare adecuadamente el viento.

Sistema Pitch 2.66%

Ajusta el ángulo de las palas para que capten de la manera más eficiente el viento dominante.

Convertidor de potencia 5.01%

Convierte la corriente continua del generador en corriente alterna a fin de que pueda ser inyectada en la red.

Transformador 3.59%

Transforma la electricidad de la turbina al voltaje requerido por la red eléctrica.

Sistema de frenado 1.32%

Frenos de disco detienen la turbina cuando es necesario.

Carcasa de la turbina 1.35%

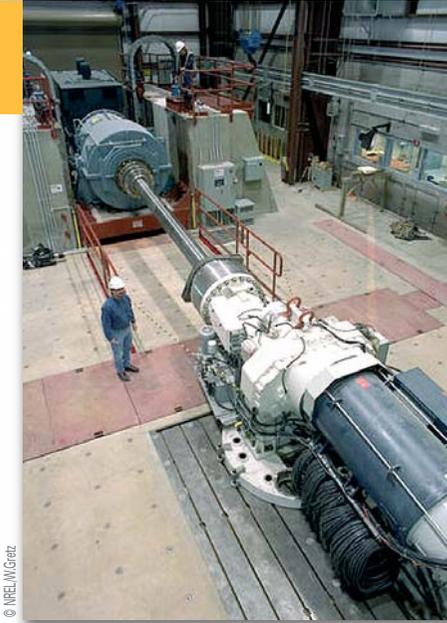
Realizada en fibra de vidrio ligera, alberga y protege el tren de la turbina.

Cables 0.96%

Conectan los aerogeneradores del parque eólico con una subestación eléctrica.

Tornillos 1.04%

Unen los componentes del aerogenerador y están diseñados para soportar cargas extremas.



© INELINGrat

Antes de su instalación, los aerogeneradores son sometidos a multitud de pruebas para determinar su rendimiento y fiabilidad.

Componentes

La inmensa mayoría de los aerogeneradores modernos son tripalpas y de eje horizontal. Se ha demostrado científicamente que este número de palas es el idóneo ya que cuanto mayor es el número de palas, el rendimiento es menor porque cada pala “choca” con las turbulencias dejadas por la pala anterior, lo que frena su movimiento.

■ **Torre.** Soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). El grosor y la altura de la torre varían en función de las características de la turbina. Por ejemplo, una turbina de 2000 KW (la mayoría de las que se instalan ahora en España) tendrá una torre de entre 60 y 100 metros (la altura de un edificio de unas 20 plantas).

■ **Rotor.** Es el conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje. Las palas capturan el viento de manera perpendicular a su dirección, gracias a un sistema que coloca automáticamente el rotor en esa posición, y transmiten su potencia hacia el buje. El buje está conectado, a su vez, mediante otro eje al multiplicador, incluido dentro de la góndola.

■ **Las palas** se parecen mucho a las alas de un avión (de hecho, los diseñadores usan a menudo perfiles clásicos de alas de avión como sección transversal de la parte más exterior de la pala). Sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas. La mayoría están fabricadas con poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio

■ **Góndola.** Contiene, entre otros componentes, el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. El multiplicador funciona de manera similar a la caja de cambios de un coche, multiplicando unas 60 veces, mediante un sistema de



© IBER

engranajes, la velocidad del eje del rotor. Así se consigue comunicar al eje del alternador una velocidad de 1.500 revoluciones por minuto, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico, cuyo cometido es convertir la energía mecánica del giro de su eje en energía eléctrica.

La **veleta** y el **anemómetro**, situados en la parte posterior de la góndola, miden la dirección y la velocidad del viento en cada instante y mandan ordenes a los sistemas de control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas

se sitúen en la posición óptima contra el viento. La góndola incluye, además, un sistema de **“cambio de paso”**, que hace girar la posición de las palas de manera que recojan el viento de la forma óptima en cada momento. Este sistema también se utiliza para frenar el rotor cuando es necesario.

En cuanto a la electricidad producida en el generador, ésta baja por unos cables a un convertidor, donde es transformada y enviada a la red eléctrica de forma óptima, sin fluctuaciones.

Otras tecnologías eólicas

En esto del diseño industrial siempre hay aportaciones que se salen de los cánones al uso. He aquí algunos ejemplos de ello:

■ **Aerogeneradores Darrieus.** (foto izquierda). Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo. La única turbina de estas características que ha tenido éxito comercial fue patentada por el ingeniero francés Darrieus en 1931 y producida por la firma estadounidense Flo Wind hasta que quebró en 1997. La máquina incluye dos o tres palas en forma de C que giran alrededor del eje y tiene las ventajas de que los equipos de conversión y control están en la base del grupo y el aerogenerador no tiene que orientar su posición según la dirección del viento. En contrapartida, como la velocidad de viento es menor al nivel del suelo, el rendimiento es bajo.

■ **Aerogeneradores bipala.** Aborran el coste de una pala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida, lo que supone una desventaja tanto en lo que respecta al ruido como al aspecto visual. Sin embargo, los bipalas pueden ser muy adecuados cuando se requieren potencias nominales pequeñas, caso de la minieólica, y en aplicaciones aisladas de la red.

■ **Aerogeneradores de “diseño”.** En los últimos tiempos están apareciendo nuevas turbinas eólicas con diseños muy poco “convencionales”. Es el caso, por ejemplo, de la máquina “quietrevolution” (foto arriba derecha), de eje vertical y concebida para ser instalada incluso sobre el tejado de las casas, al igual que pasa con el generador Enflo (foto inferior).



La preservación del entorno y de los valores de la zona es una de las máximas que rigen en la instalación de parques eólicos.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

En los últimos 25 años, la tecnología eólica ha evolucionado a un ritmo vertiginoso, pasando de aerogeneradores de potencia unitaria de decenas de kilovatios hasta máquinas de potencia nominal superior al megavatio. Además, el peso de los aerogeneradores se ha reducido a la mitad así como el nivel de ruido, y la producción de energía anual ha aumentado 100 veces en 15 años.

Los modelos que se instalan en la actualidad son, por lo general, tripala, de paso variable (este sistema permite una producción óptima con vientos bajos y una reducción de cargas con vientos altos) de alta calidad en el suministro eléctrico y bajo mantenimiento. Preparadas para optimizar los recursos eólicos de un emplazamiento determinado, la vida útil de estas máquinas es, como mínimo, de 20 años (si se compara con un motor de



© ENERGY



© EHN



Las turbinas eólicas tienen una vida útil de, al menos, 20 años.

Abajo, parque eólico en Tarifa (Andalucía), zona pionera en la instalación en España de aerogeneradores.

automóvil ordinario, éste sólo funcionará durante unas 5.000 horas a lo largo de su vida útil). Los modernos aerogeneradores tienen, además, un factor de disponibilidad de alrededor del 98%. Es decir, están operativos y preparados para funcionar durante una media superior al 98% de las horas del año, y sólo necesitan una revisión de mantenimiento cada seis meses.

LOS PARQUES EÓLICOS

La explotación de la energía eólica se lleva a cabo, fundamentalmente, para la generación de electricidad que se vende a la red y ello se hace instalando un conjunto de molinos aerogeneradores que forman un parque eólico. Cada parque cuenta con una central de control de funcionamiento que regula la puesta en marcha de los aerogeneradores, controla la energía generada en cada momento, etc.





Pese a lo que pueda parecer a simple vista, los parques eólicos no ocupan excesivo espacio y éste sigue siendo compatible con otros usos, como el pastoreo.

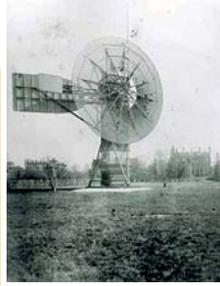
Las principales razones por las que se instalan parques eólicos son que el agrupamiento de las turbinas permite aprovechar mejor las posibilidades energéticas del emplazamiento, reducir costes y evacuar la energía desde un solo punto, con lo que se reduce el número de líneas de transporte y se minimizan impactos ambientales.

REQUISITOS PARA SU INSTALACIÓN

Antes de poner en marcha un parque eólico, los promotores se aseguran de que el lugar disfruta de las condiciones adecuadas. Para ello, estudian previamente múltiples aspectos, aunque el más importante es, lógicamente, la velocidad del viento, ya que va a determinar la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. Esta cifra dependerá de la densidad del aire (masa por unidad de volumen), de manera que cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina. A modo de referencia: con una velocidad de viento media de 6,75 m/s a la altura del buje, obtendrá alrededor de 1,5 millones de kWh de energía anuales.

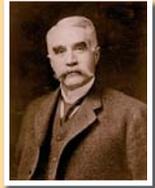
También es de vital importancia conocer las turbulencias del aire (que se producen, sobre todo, en áreas muy accidentadas), ya que disminuyen la posibilidad de utilizar eficazmente la energía del viento y provocan mayores roturas y desgastes en la turbina eólica.

Los parques eólicos deben pasar, además, un examen previo de carácter medioambiental, en el que se analizan multitud de factores —estudios geohidrológicos de la zona, impacto de las obras y de los tendidos eléctricos, afectaciones a la fauna y flora y a los valores culturales e históricos del enclave, impacto visual...—que determinan



Pioneros de la eólica

A Charles F. Brush (1849-1929), uno de los fundadores de la industria eléctrica americana, le debemos la primera turbina



eólica para generación de electricidad. Era un gigante de 144 palas fabricadas en madera de cedro. Funcionó durante 20 años y cargó las baterías en el sótano de su mansión. Pero fue el danés Poul la Cour (1846-1908) el que verdaderamente confirmó que el viento podía ser una fuente de electricidad. La Cour descubrió que las turbinas eólicas de giro rápido con pocas palas son más eficientes para la producción de electricidad así que construyó varias de estas turbinas, utilizándolas para producir electrólisis y obtener hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela.



Más tarde, durante la segunda guerra mundial, una compañía danesa comenzó a fabricar aerogeneradores bi y tripala, y en los años 50 aparecieron, también en Dinamarca, las primeras turbinas de corriente alterna.

Aún así, hubo que esperar a la primera crisis del petróleo (1973) para que despertara un interés real por la energía eólica.

El problema era que las turbinas eran muy caras, lo que les restó aceptación.

La generación de aerogeneradores de 55 kW que fueron desarrollados en 1980 supuso, por fin, el despegue industrial y tecnológico para los modernos aerogeneradores, que ahora llegan a alcanzar potencias unitarias superiores a los 2 MW (algunos prototipos incluso llegan a los 5 MW).





si el lugar elegido para situarlo es adecuado y las medidas correctoras que se deben realizar (restauración de la cubierta vegetal, utilización de materiales autóctonos en la construcción de edificaciones, enterramiento de tendidos, etc.).

RENTABILIDAD

Los grandes avances logrados por la eólica han permitido que se abaraten algunos de los costes relacionados con esta tecnología. Así, la obra civil de los parques eólicos suele ser menor que hace unos años ya que para un mismo tamaño del parque, ahora hacen falta menos máquinas (debido a que son más potentes), lo cual se traduce en una menor necesidad de cimentaciones y en accesos menos complejos. Sin embargo, en los países donde ya existe una explotación importante de la energía eólica, caso de España, los enclaves con vientos más veloces

Los pequeños aerogeneradores tienen múltiples aplicaciones. Para el mar quedan las grandes turbinas, de varios megavatios de potencia.

han empezado a escasear. Y el precio de los nuevos aerogeneradores multimegavatios, mejor preparados para trabajar en peores condiciones de viento pero también más caros, eleva los costes. Así, mientras que la inversión media de los parques instalados hasta 2002 rondaba los 936.000 euros por MW instalado, actualmente se sitúa por encima de 1.150.000 euros.

PEQUEÑOS AEROGENERADORES

Las grandes turbinas pueden resultar inadecuadas para determinados emplazamientos. En zonas donde la red eléctrica es débil, por ejemplo, los pequeños aerogeneradores pueden resultar mucho más interesantes, ya que hay menos fluctuación en la electricidad de salida de un parque eólico compuesto de varias máquinas pequeñas. El coste de usar grandes grúas, y de construir carreteras adecuadas para transportar los componentes de la turbina, puede hacer, asimismo, que en algunas áreas las máquinas pequeñas resulten más económicas.

Los aerogeneradores de pequeña o mediana potencia se utilizan con muchos otros fines: generación de electricidad en lugares aislados de la red (casas, explotaciones agrarias, refugios de alta montaña, etc.), en pequeñas instalaciones industriales, para bombeo y riego, para alimentar repetidores aislados de telefonía o televisión, cargar baterías o faros, mover embarcaciones, en sistemas de alarma... Ultimamente, también se empieza a plantear su uso en conexión a red, al igual que los grandes.

PARQUES EN EL MAR

La mayoría de los países que han alcanzado un alto desarrollo eólico tienen ahora las miras puestas en el mar (parques offshore). Es el caso de Alemania, que proyecta 1.200 MW eólicos offshore para 2013, o de Dinamarca, cuyo objetivo es tener una potencia instalada de 4.000 MW. Otros países, como Reino Unido, Irlanda y Holanda, están también instalando



© E.ON



© E.ON

La demanda energética en el mundo aumenta cada año. La eólica es una tecnología madura y sostenible, capaz de atender una parte significativa de esa demanda.

aerogeneradores frente a sus costas y muchos más –Francia, Estados Unidos y China, por citar sólo tres– tienen planes para hacerlo.

En España no hay ningún parque eólico marino todavía, pero sí planes para construir varios. Según un informe de Greenpeace, es posible instalar 25.000 MW eólicos en el mar de aquí hasta el año 2030 en diferentes lugares de nuestras costas. Las proyecciones de las autoridades españolas son más modestos (al menos por ahora) reduciendo la potencia offshore a unos 4.000 MW para ese año. La profundidad de nuestra plataforma continental costera (que con la tecnología actual dificulta y encarece la instalación de estos parques) ha sido uno de los aspectos esgrimidos en contra del desarrollo de parques marinos en España, pero las nuevas tecnologías que se investigan, que utilizan, entre otros, sistemas de fijación semejantes a los de las plataformas petrolíferas, podrían acabar con este escollo. Además, aunque los costes de instalación sean mayores, también lo es el rendimiento de los parques marinos (en el

mar los vientos son más fuertes y constantes). Estas y otras razones han llevado a las autoridades europeas a mostrar su total apoyo al desarrollo de la eólica marina para alcanzar el objetivo de que un 20% de la energía consumida en la UE en 2020 sea de origen renovable, por lo que esta tecnología tiene un futuro prometedor.

BENEFICIOS DE LA ENERGÍA EÓLICA

Ambientales

- La energía eólica no deja ningún tipo de residuos ni de emisiones dañinas para el medio ambiente
- Cada kWh producido con energía eólica tiene 26 veces menos impactos que el producido con lignito, 21 veces menos que el producido con petróleo, 10 veces menos que el producido con energía nuclear y 5 veces menos que el producido por gas. (fuente: estudio CIEMAT/IDAE/APPA).
- El actual parque eólico español (2007) evita la emisión de 18 millones de toneladas al año de CO₂ y supone un ahorro anual de 50

Hidrógeno a partir del viento

España alberga desde principios de 2008 la primera planta experimental de producción y almacenamiento de hidrógeno a partir de la energía eólica de toda Europa. Está situada en Galicia, en el parque de Sotavento, y forma parte de un proyecto en el que participan Gas Natural, la Xunta de Galicia y la fundación Sotavento Galicia. El propósito de la planta es estudiar la idoneidad del hidrógeno como medio de almacenamiento de energía en forma gaseosa. Así, cuando la eólica instalada en Sotavento genera más electricidad de la prevista, ésta es utilizada para obtener hidrógeno y almacenarlo. Posteriormente, el hidrógeno se emplea para producir energía eléctrica cuando hay poco viento o se quiere satisfacer una mayor demanda. El viento – y el sol – también trabajan para producir hidrógeno en Gran Canaria. En octubre de 2007 se inauguraron dos plantas experimentales en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), en Pozo Izquierdo, que servirán para comprobar si es viable –técnica y económicamente– la producción industrial de hidrógeno a partir de energías renovables





millones de toneladas de combustibles convencionales (fuente:AEE).

■ Los modernos aerogeneradores recuperan rápidamente toda la energía gastada en su fabricación, instalación, mantenimiento y desmantelamiento. Bajo condiciones de viento normales, a una turbina le cuesta entre dos y tres meses recuperar esa energía (fuente: Asociación danesa de la Industria Eólica).

■ Los parques eólicos son compatibles con otros usos y son instalaciones que, tras su clausura y desmantelamiento, no dejan huella y el suelo recupera su apariencia original.



Socioeconómicos

■ La energía eólica representa ya (año de referencia, 2007) un 9,5%-10% del total de la generación eléctrica en la Península. Es la tecnología renovable que más empleo ha creado hasta el momento, alcanzando los 45.000 empleos en 2007. La generación directa de empleo (operación y mantenimiento de los parques, fabricación, montaje, I+D) se estima en más de 18.000 puestos de trabajo, el resto corresponde a empleo indirecto (ligado, sobre todo, al suministro de componentes). Worldwatch Institute estima que para una misma unidad energética producida, la energía eólica emplea 542 trabajadores, la térmica 116 y 100 la nuclear.

■ El crecimiento de la energía eólica en España está propiciando, además, desarrollo tecnológico y nuevas oportunidades de negocio para la industria. El total de las inversiones en España ligadas a este sector representó 5.000 millones de euros en 2007.

■ Los aerogeneradores no requieren un suministro de combustible posterior. Por tanto, son idóneos para los países en vías de desarrollo, contribuyendo a su crecimiento y a luchar contra la pobreza.

¿ESTÁN JUSTIFICADAS LAS CRÍTICAS?

Hoy nadie se manifiesta contrario al desarrollo de la energía eólica, pero también tiene algunos detractores que critican esta fuente de energía por los supuestos impactos negativos que causa:

■ **Paisaje.** Los aerogeneradores son siempre elementos visibles en el paisaje. De lo contrario, no están situados adecuadamente desde un punto de vista meteorológico. En consecuencia, provocan un impacto paisajístico, aunque mientras para unos ese impacto es positivo, otros lo consideran inasumible (por tanto, se trata de una cuestión ligada a percepciones individuales). En cualquier caso, la creación de los parques eólicos está sujeta a las

La energía eólica es una realidad creciente, tanto en tierra como en mar, con un amplio potencial para convertirse en una parte importante en la sustitución de las energías sucias por energías limpias.

pertinentes actuaciones para evitar daños en la vegetación y restaurarla, cerrar los caminos al paso de vehículos, etc.

■ **Aves.** Otros aspectos criticados son las supuestas afecciones que causan a la flora y fauna, en especial a la aves. En este terreno, lo mejor es guiarse por los estudios científicos, como los realizados en la Comunidad Foral de Navarra entre marzo de 2000 y marzo de 2001. Estos estudios han determinado una tasa de colisiones de aves del 0,1%. Estudios semejantes realizados en Dinamarca han concluido que las aves se acostumbran rápidamente a los aerogeneradores y desvían su trayectoria de vuelo para evitarlos.

■ **Suelo.** Los aerogeneradores y las caminos de acceso ocupan menos del 1% del área de un parque eólico típico. El 99% restante puede ser utilizado para agricultura y pasto, como suele hacerse.

■ **Ruido.** La contaminación acústica provocada por los aerogeneradores de los 80 ha dejado de ser considerado un problema ya que las emisiones sonoras de actuales turbinas se han reducido por debajo de la mitad.

UNA TECNOLOGÍA LLENA DE FUTURO

La energía eólica es una realidad creciente, tanto en tierra como en mar, con un amplio potencial para convertirse en una parte importante en la sustitución de las energías sucias por energías

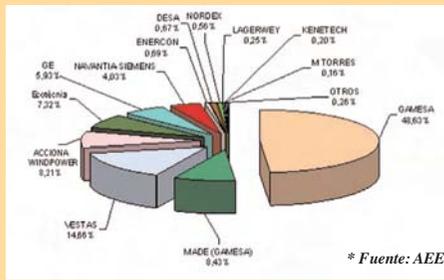


© Ecobionia

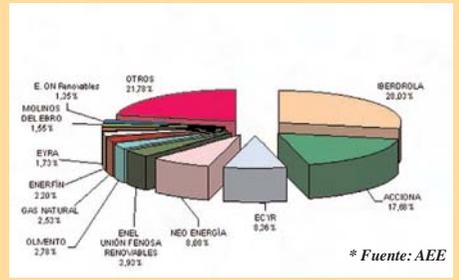


Potencia eólica instalada en España

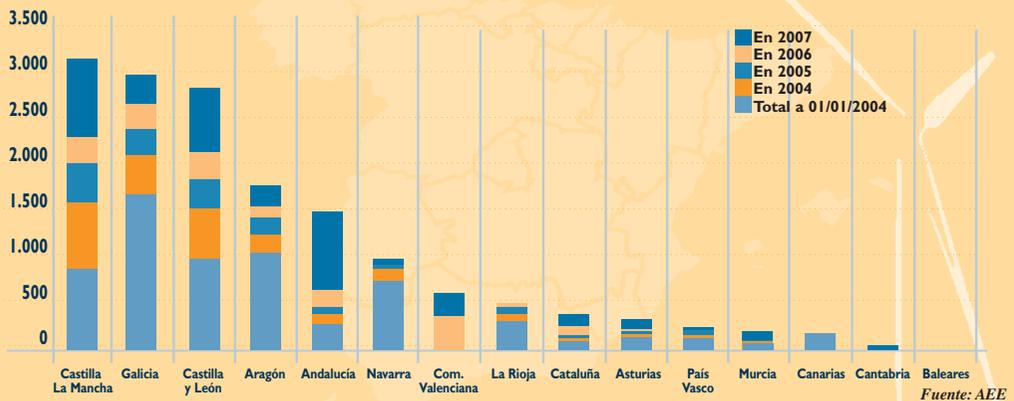
Reparto por fabricantes (01/01/2008)



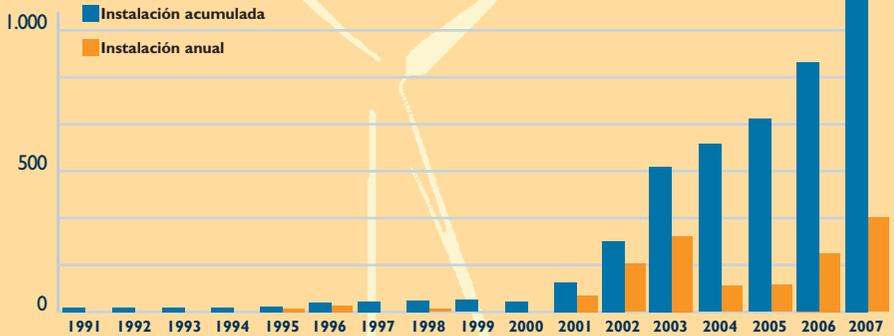
Reparto por promotores (01/01/2008)



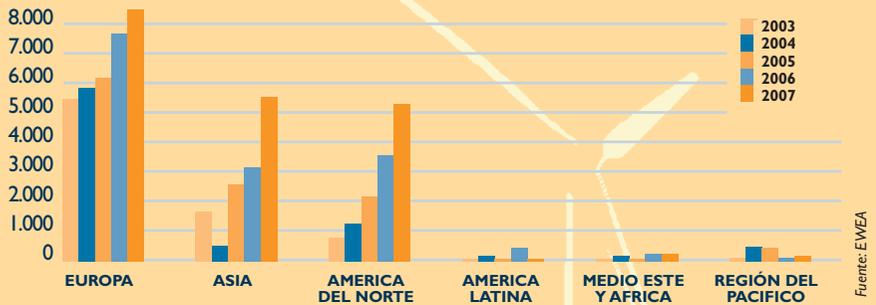
Potencia instalada por Comunidades Autónomas



Evolución de la eólica marina en Europa 1991-2007 (en MW)



Potencia instalada por continentes 2003-2007 (en MW)



Capacidad instalada en el Mundo 1997-2007 (Acumulado, en MW)



Centros de investigación sobre energía eólica en España

CIEMAT. (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas)

Investigación en materias de energía y de medio ambiente, así como en múltiples tecnologías de vanguardia
www.ciemat.es

CENER (CIEMAT). Centro Nacional de Energías Renovables

Centro tecnológico nacional dedicado a la investigación, el desarrollo y el fomento de las energías renovables en España.
www.cener.com

REOLTEC (Red Científico Tecnológica del sector eólico)

Su objetivo es coordinar coordinar las diferentes acciones de investigación, desarrollo e innovación que respondan las necesidades del sector.
www.reoltec.net

ITER. Instituto Tecnológico y de Energías Renovables. Santa Cruz de Tenerife

Sistemas híbridos
 Bombas de agua
 Desalación agua de mar
 Pequeñas turbinas
www.iter.es

Univ. Politécnica de Madrid. ETSII y ETSIA

Recursos de viento
 Estelas en turbinas
 Modelaje plantas eólicas
 Turbulencias del viento
 Integración en la red
 Sistemas velocidad variable
 Componentes para palas
www.upm.es

Univ. de Vigo. ETSII

Integración en la red. Sistemas eléctricos velocidad variable
www.uvigo.es

Univ. Carlos III. Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica

Integración en la red. Sistemas eléctricos velocidad variables
www.uc3m.es

Univ. de Valladolid. ETSII.

Generadores PMG
www.uva.es

Univ. de Sevilla. ETSII.

Control aerogeneradores
www.us.es

Univ. de Mondragón. Dpto. Electrónica. Escuela Politécnica Superior

Control turbinas
www.eps.muni.es

Univ. Pública de Navarra

Iluminación en turbinas
www.unavarra.es

Univ. de Zaragoza. Dpto. Ingeniería Eléctrica.

Calidad de la potencia
www.unizar.es

Fundación LEIA. Centro de Desarrollo Tecnológico. (Alava)

Pequeñas turbinas
www.leia.es

Fundación FATRONIK (Guipúzcoa)

Pequeñas turbinas
 Sistemas autónomos
www.fatronik.com

Más información

- **Asociación Europea de la Energía Eólica (EWEA).**
www.ewea.org
- **Consejo Global de Energía Eólica (GWEC)**
www.gwec.net
- **Asociación Eólica Mundial (WWEA)**
www.wwindea.org
- **Asociación Empresarial Eólica (AEE)E**
www.aeelica.org
- **Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).**
www.appa.es
- **Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).**
www.idae.es
- **Revista Energías Renovables.**
www.energias-renovables.com
- **Agencia Internacional de la Energía.**
www.ieawind.org

Créditos

“Energías Renovables para todos” es una colección elaborada por **Haya Comunicación**, editora de la revista “Energías Renovables”, www.energias-renovables.com con el patrocinio de Iberdrola.

- **Dirección de la colección:**
Luis Merino / Pepa Mosquera
- **Asesoramiento:**
Iberdrola. Gonzalo Sáenz de Miera
- **Diseño y maquetación:**
Fernando de Miguel / Judit González
- **Redacción de este cuaderno:**
Pepa Mosquera

Energías renovables para todos

La energía eólica tiene su origen en el sol, ya que éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente energética limpia, autóctona e inagotable. Utilizar la energía eólica contribuye a reducir la emisión de gases perjudiciales para la atmósfera, consumir menos combustibles fósiles, asegurar el suministro energético, preservar el medioambiente y propiciar el desarrollo socioeconómico.



Energías *renOvables*

editado con el
patrocinio de:



IBERDROLA