

Proyecto
RES & RUE Dissemination

Energía Eólica

I. INTRODUCCIÓN

II. DEL VIENTO A LA ENERGÍA EÓLICA

- A. Las grandes instalaciones eólicas**
- B. El rendimiento de los aerogeneradores**
- C. Las instalaciones eólicas**

III. LAS INSTALACIONES MICRO EÓLICAS

- A. El potencial microeólico**
- B. Generación micro eólica y medioambiente**
- C. El papel de las administraciones públicas**

IV. LAS TURBINAS MICRO EÓLICAS

- A. Características de las turbinas**
- B. Modalidad de colocación y elección del lugar**

V. LAS APLICACIONES DEL MICRO EÓLICO

- A. El micro eólico en las áreas naturales protegidas**
- B. Sistemas híbridos**

VI. TRAMITES PARA INSTALAR UN SISTEMA MICRO EÓLICO

- A. Elección del lugar**
- B. Control de los costes, gestión y mantenimiento de la instalación**

VII. INCENTIVOS

I. INTRODUCCIÓN

La Conferencia de Kyoto obliga todos los países a que desarrollen la utilización de las fuentes energéticas renovables para reducir el consumo de combustibles fósiles y reducir las emisiones contaminantes en la atmósfera, que provocan el peligroso efecto invernadero.

Entre las fuentes energéticas renovables, el viento es un recurso disponible, ecológico y sostenible. En estos últimos años en Europa han aumentado mucho los lugares para la producción de energía eléctrica del viento (*Wind Farm* o *bosques eólicos*), en lugares donde las condiciones climáticas, orográficas y ambientales permiten el mejor aprovechamiento del viento. Esto ha contribuido a mejorar las tecnologías y a reducir los costes de la maquinaria eólica: de hecho actualmente se encuentran en el mercado máquinas eólicas de cualquier tamaño, seguras y tecnológicamente fiables.

La producción de energía eléctrica eólica normalmente se asocia a la imagen de grandes lugares con numerosas y enormes máquinas en las colinas o en mar abierto: instalaciones a menudo no admiradas por las personas por el impacto visual sobre el paisaje y, cuando están cerca de las viviendas, por el ruido continuo que provocan.

Las instalaciones eólicas de pequeño tamaño, en cambio, tienen un impacto visual y medioambiental sustancialmente nulo, de tamaño poco superior al de una antena parabólica. Se pueden utilizar de forma aislada o junto a paneles fotovoltaicos, para proporcionar electricidad a zonas aisladas o difícilmente alcanzables por la red eléctrica (viviendas aisladas, reservas naturales, estaciones meteorológicas, refugios alpinos, etc.).

Los generadores eólicos de pequeño tamaño se utilizan también para alimentar los elementos de barcos de recreo (nevera, cuadro de control, luces, etc). Conectados a la red nacional, finalmente, pueden integrar la energía necesaria a las infraestructuras turísticas (camping, hotel, puertos deportivos, turismo rural, etc.) y a todos los usuarios cercanos a zonas ventiladas.

Con las micro instalaciones eólicas hay por lo tanto un espacio significativo para producir energía eléctrica en pequeña escala, de forma sostenible y compatible con el medioambiente.

II. DEL VIENTO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA

A. Las grandes instalaciones eólicas

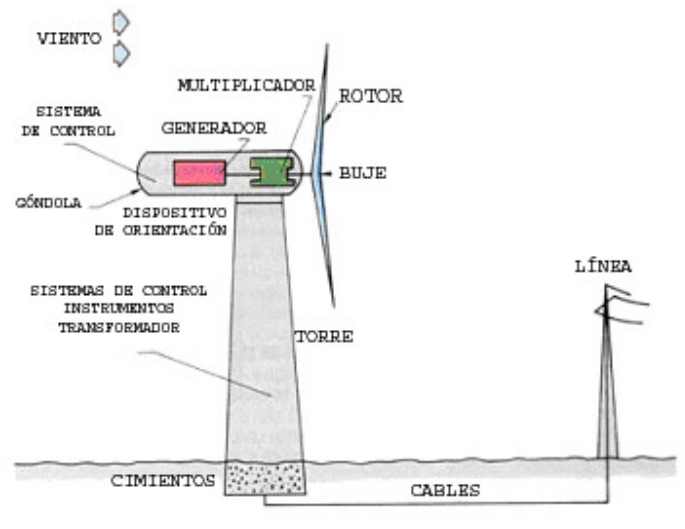
Una instalación eólica de tamaño industrial consta de una o más máquinas (**aerogeneradores**) colocadas a una distancia adecuada las unas de las otras, para que no interfieran desde el punto de vista aerodinámico entre ellos, y según un diseño sobre el territorio (en filas, en grupos...) en función de la exposición al viento y del impacto visual.

Los aerogeneradores están conectados, a través de cables enterrados, con la red de transmisión a la que se entrega la energía.

Las máquinas eólicas, más allá de las peculiaridades de los modelos y de los adelantos tecnológicos diferentes según la empresa constructora, funcionan con la fuerza del viento que acciona las **palas de la máquina** (en número de una a tres) fijadas a un **buje**. El conjunto de las palas y del buje constituye el **rotor**. El buje, a su vez, está conectado a un primer eje (llamado **eje de baja velocidad**) que gira a la misma velocidad angular que el rotor.

El eje de baja velocidad está conectado a un **multiplicador de giros**, del que sale un **eje de alta velocidad** que gira con velocidad mayor (resultante del producto de la del eje de baja velocidad por el multiplicador de giros). En el eje de alta velocidad hay un **generador eléctrico** que produce la energía eléctrica canalizada por los cables a la red. Todos estos elementos se encuentran en la llamada **góndola** que a su vez se encuentra sobre un soporte, que se puede orientar según la dirección del viento.

La góndola se completa con un sistema de **control de la potencia** y otro de **control de la orientación**. El primero tiene la doble función de regular la potencia en función de la velocidad del viento instantánea (haciendo funcionar la turbina lo más cerca posible de su potencia nominal) y de interrumpir el funcionamiento de la máquina en caso de viento excesivo. El segundo, en cambio, consta de un control continuo del paralelismo entre el eje de la máquina y la dirección del viento. La góndola se encuentra sobre una **torre** que puede ser de celosía o tubular cónica, anclada al terreno con adecuados cimientos de hormigón armado.



Esquema de aerogenerador y de una instalación eólica

B. El rendimiento de los aerogeneradores

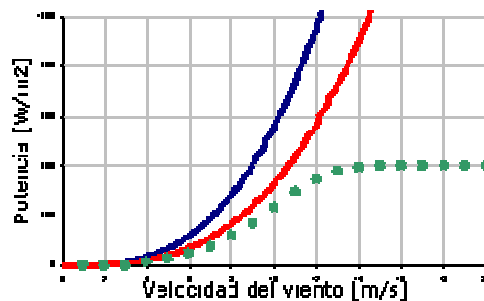
El rendimiento de las máquinas eólicas depende de la **intensidad del viento**: a igualdad de diámetro de las palas, al aumentar la velocidad del viento, la potencia teóricamente extraíble aumenta de manera más que proporcional.

Por lo tanto, antes de decidir instalar un sistema eólico es indispensable conocer bien las características del viento en el lugar en el que se piensa instalar los aerogeneradores. Estos conocimientos se obtienen realizando preventivamente un atento estudio de la frecuencia, de la velocidad, de la duración y de la dirección del viento.

La intensidad del viento depende de las características orográficas del terreno. Una circunstancia fundamental es la rugosidad del terreno: en llanura o en el mar el viento sopla con intensidad mayor que en el campo o en los alrededores de las ciudades. Otro elemento a tener en cuenta es la altura del terreno: cuanto más se sube mayor es la velocidad del viento

Las maquinas eólicas funcionan dentro de parámetros mínimos y máximos de la velocidad del viento. En línea general:

- Pueden ser activados con viento variable de 2 a 4 m/s (**velocidad de cut-in**)
- Cuando el viento alcanza la velocidad de 10–14 m/s (**velocidad de corte o nominal**), se activa un dispositivo de control de la potencia.
- Se paran cuando la velocidad del viento supera los 20-25 m/s (**velocidad de cut-off**).



Potencia extraíble por metro cuadrado de área cubierta por el rotor

C. Las instalaciones eólicas

En el año 2001, la potencia de energía eólica instalada era de 3.337 MW y la producción anual fue de 6.925 GWh. Las previsiones del Plan de Fomento de Energías Renovables para el año 2010 preveían un aumento considerable del peso de esta fuente de energía, con una potencia de 8.974 MW y una producción de 21.537,8 GWh/año. El Plan fija el objetivo de instalar 8.140 MW durante el período 1999-2010.

En el año 2002 España pasó a ser el segundo productor de energía eólica en el mundo, después de Alemania. La potencia eólica instalada en España aumentó durante ese año en 1.943,34 MW, llegando a alcanzar los 4.830,35 MW. El 84% de la capacidad entró en funcionamiento en las Comunidades de Galicia, Aragón, Castilla-La Mancha y Castilla y León. En la actualidad, España cuenta con 235 parques eólicos repartidos por las diferentes Comunidades Autónomas.

Según un estudio auspiciado por EWEA (Asociación Europea de Energía Eólica) y Greenpeace, España tiene un potencial eólico técnicamente aprovechable de 43.000 MW, lo que supone un margen suficiente para satisfacer en 2020 como mínimo un 20% de su demanda eléctrica prevista.

III. LAS INSTALACIONES MICRO-EÓLICAS

A. El potencial del micro-eólico

Aunque no exista una clasificación convencional que defina las instalaciones micro-eólicas, esta Guía toma en consideración los que tienen una potencia instalada inferior a 100 Kw.

Las maquinas micro-eólicas, aunque sean parecidas a los aerogeneradores más grandes, constituyen un sector tecnológicamente diferente del de las maquinas de medio y gran tamaño: el micro-eólico está dirigido a mercados sectoriales muy específicos, con aplicaciones que requieren soluciones técnicas simplificadas y específicamente diseñadas. Generalmente, las instalaciones por debajo de 20-30 kW se utilizan para producir energía eléctrica para el autoconsumo, mientras que en las de tamaño más grande una parte de la energía producida se destina a la venta.

Las posibilidades de expansión del micro-eólico son bastante amplias: aunque con diferentes potencialidades (en términos geográficos y estacionales) el recurso viento es bastante difundido y las aplicaciones posibles son numerosas. Los lugares en los que se pueden instalar micro instalaciones eólicas son muy diversos, ya que los aerogeneradores de tamaño pequeño son muy versátiles y se instalan con muchas menos dificultades respecto a los grandes.

B. Generación micro-eólica y medioambiente

El impacto medio ambiental del micro-eólico es bastante bajo: las microturbinas tienen un tamaño mucho más pequeño respecto a los grandes aerogeneradores, necesitan espacios limitados y son relativamente poco visibles. Además las turbinas microeólicas están muy avanzadas en términos técnicos, económicos y aplicativos.

De todos modos, cuando se encuentran cerca de los usuarios, hay que evaluar bien el impacto acústico: para reducir el ruido hay que elegir bien el modelo de turbina y el lugar de montaje.

Muchos mayores son los beneficios: favorecen la generación difundida de energía eléctrica; evitan el tener que recurrir a otras formas de energía más contaminantes; representan una forma de generación eléctrica distribuida, sencilla y a menudo conveniente; permiten soluciones de conexión a la red difícilmente realizables de otra manera.

Además, las aplicaciones micro-eólicas están favorecidas por la creciente sensibilidad hacia las problemáticas energéticas y medioambientales. Esta nueva conciencia induce los ciudadanos a dar una contribución directa a las soluciones sostenibles, adoptando para sus propias exigencias civiles o de pequeña empresa (turismo rural, granjas, refugios, usuarios domésticos aislados, segundas viviendas, etc.) microinstalaciones de fuentes renovables, en lugar de sistemas de generación tradicionales.

C. El papel de las Administraciones Públicas

Las Administraciones Públicas locales, los profesionales y quienes se ocupan de la energía y el medioambiente, despliegan un papel fundamental para el desarrollo de los sistemas microeólicos para la producción de energía eléctrica.

Por una parte, los directivos locales responsables de la implantación de las directrices energéticas y medio ambiente tienen la posibilidad de favorecer la difusión en el territorio de pequeñas instalaciones eólicas, a través de los instrumentos de la programación, de la simplificación de los trámites de autorización, de los incentivos, de la adhesión a proyectos e iniciativas de programación local.

Por otra, los profesionales tienen la tarea de identificar las potencialidades del territorio, estudiar cómo integrar estos sistemas en el medio ambiente local, delinear proyectos-piloto que ayuden a definir y difundir un estándar aplicable localmente, con el objetivo de contribuir a disminuir los efectos negativos procedentes del uso incontrolado de los combustibles fósiles.

IV. LAS TURBINAS MICRO-EÓLICAS

A. Características de las turbinas

La mayoría de los micro generadores eólicos es del tipo de tres palas de eje horizontal con rotor a barlovento respecto a la torre (el viento encuentra primero las palas y luego el soporte).

La mayor parte de las turbinas mini eólicas utiliza palas fabricadas con poliéster reforzado con fibra de vidrio, y tienen un brazo direccional para orientar el rotor en dirección del viento, con alternadores de imán permanente, sencillos y robustos. El tamaño reducido no permite colocar los motores con orientación del rotor en dirección del viento como los que tienen las turbinas de tamaño mayor.

Entre las turbinas de eje vertical, la maquina Savonius se utiliza fundamentalmente para el bombeo del agua, y a veces también para la producción de energía eléctrica. Se trata de una maquina muy robusta y sencilla desde el punto de vista constructivo y de funcionamiento. Tiene la ventaja de tener un fuerte par de arranque, que le permite el arranque incluso con viento débil, en cambio es poco adecuada para vientos fuertes.



Otra turbina de eje vertical es la Darrieus: tiene palas de tipo aerodinámico, se caracteriza por una gran sencillez de construcción y por un gran rendimiento. El régimen de rotación es muy elevado, en cambio, el par de arranque es muy bajo y no permite a esta maquina de arrancar espontáneamente



Para obtener un buen rendimiento, las turbinas tienen que posicionarse en lugares batidos por vientos intensos, por lo tanto la robustez de las maquinas es fundamental. Cuando el viento es muy fuerte las turbinas se desactivan con un sistema de posicionamiento pasivo del rotor que desvíe el eje respecto al de rotación de la pala.

B. Modalidad de colocación y elección del lugar

El lugar donde instalar la turbina debe elegirse con atención. La cercanía a los usuarios tiene la ventaja de reducir los costes de cableado, pero puede ser contraproducente para la funcionalidad de la máquina por la interferencia con el viento debida a la proximidad de edificios y por el impacto del ruido. La lejanía reduce el impacto medioambiental, pero aumenta la dispersión de energía y los costes de cableado y de enterramiento de las líneas eléctricas.

La colocación de aerogeneradores en los tejados de las casas es controvertida: por una parte el montaje es sencillo, por la otra existen problemas de vibraciones transmitidas por la turbina a las estructuras sobre las que se monta, y los de turbulencia que se va creando alrededor de los tejados.

La instalación más común sigue siendo la torre, que puede ser de tipo celosía, tubular o arriostrada.

V. LAS APLICACIONES DEL MICRO-EÓLICO

Las instalaciones micro eólicas de potencia inferior a 20 Kw., por sus características de adaptabilidad, sencillez tecnológica y costes reducidos, encuentran aplicación sobre todo para alimentar usuarios aislados desde el punto de vista eléctrico, donde no es económicamente viable la conexión a la red.

También existen, aunque no sean numerosos, usuarios particulares e infraestructuras turísticas (establecimientos de turismo rural, granjas, camping, refugios, usuarios domésticos aislados en la montaña, el mar o en una isla) no conectados a la red. En estas situaciones se pueden usar aerogeneradores de pequeño tamaño combinados con paneles fotovoltaicos y generadores diesel (sistemas híbridos), dotados de sistemas de acumulación (baterías).

Otras aplicaciones están relacionadas con la alimentación de sistemas de telecomunicación (repetidores, antenas de telefonía móvil instaladas lejos de la red eléctrica), sistemas de bombeo y drenaje, usuarios de iluminación pública que están lejos de la red eléctrica (carreteras, viaductos, túneles, faros, plataformas, semáforos, etc.).

A. El micro-eólico en las áreas naturales protegidas

El micro-eólico puede tener un discreto potencial de aplicación incluso en las áreas naturales protegidas. El suministro a usuarios aislados dentro de estas áreas con pequeñas instalaciones eléctricas alimentadas con fuentes energéticas renovables, podría tener un papel importante para la comunicación y la formación del público sobre el uso de las fuentes energéticas renovables.

B. Sistemas híbridos

Las aplicaciones del micro eólico para alimentar usuarios aislados son los **sistemas híbridos**. Se trata de instalaciones que combinan dos o más sistemas de generación, en parte convencionales (diesel, por ejemplo) para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico, y en parte de fuente renovable (eólico, fotovoltaico, hidroeléctrico, etc.), completados con sistemas de almacenaje (baterías), de condicionamiento de la potencia (inverter, rectificadores, reguladores de carga) y de regulación y control.

Para satisfacer las exigencias de energía eléctrica en las áreas aisladas o no electrificadas, en el pasado se utilizaban solo generadores diesel, que muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costes de mantenimiento, breve vida de la instalación. Los sistemas híbridos, en cambio, permiten aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio y constituyen una concreta opción, compatible a nivel medio ambiental y social.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenaje proporcionan hasta un 80–90 % de la necesidad energética, dejando al diesel solo la función de emergencia.

VI. TRAMITES PARA INSTALAR UN SISTEMA MICRO EÓLICO

Los trámites para realizar una micro-instalación eólica son muy diferentes para las instalaciones de potencia **inferior a 20kW**, respecto a los de las centrales eléctricas de tamaño superior.

Además de con el tamaño, también están relacionadas la función y la forma de funcionamiento de la instalación: aplicaciones debajo de los 20 Kw. son para usuarios **stand-alone**, esto es, sin conexión a la red eléctrica nacional; las de tamaños más grandes, en cambio, se consideran Centrales Eléctricas, sujetas por esto a imposición fiscal, y generalmente conectadas en red (**grid connected**), con la posibilidad de vender las excedencias de energía respecto al autoconsumo.

En esta publicación hablaremos solo del trámite modelo que hay que seguir para la construcción de una instalación de potencia inferior a 20 Kw., considerando que las centrales de potencia superior interesan a personas con propósitos industriales y que por lo tanto se apoyan en estructuras especializadas.

Aunque se considere que quien desea instalar un sistema eólico de potencia inferior a 20 Kw. está movido por un propósito más medioambiental o de ahorro energético, que por intereses comerciales, se aconseja controlar la viabilidad del proyecto siguiendo las siguientes fases:

1. Elección del lugar, en lo relativo a la disponibilidad de los terrenos, control de la propiedad, autorizaciones, etc.

2. Estudio de la velocidad del viento.

3. Análisis de las licencias necesarias, pidiendo información a los constructores o a los profesionales del lugar que conocen la realidad local.

4. Estudio de viabilidad de la instalación y control de los costes, para averiguar que la instalación tenga una relación costes / beneficios adecuada a las expectativas.

5. Elección del proyectista y del constructor.

6. Gestión y mantenimiento de la instalación.



A. Elección del lugar

Para el correcto funcionamiento es fundamental determinar la intensidad del viento en el lugar donde se pretende montar la instalación eólica. La elección del lugar debería basarse en datos objetivos, como los datos anemométricos disponibles en áreas contiguas, la utilización de mapas del territorio o en datos militares. De todos modos, la evaluación final de la viabilidad o menos del proyecto debe provenir de una fiable campaña de medición anemométrica.

Los generadores eólicos actuales necesitan una velocidad media anual no inferior a los 4 metros por segundo, y preferiblemente superior a los 6.

A la hora de elegir el lugar del aerogenerador es importante tener en cuenta los fenómenos de turbulencia que se crean en los alrededores por la presencia de construcciones, árboles u obstrucciones de diferente naturaleza, que puedan provocar una disminución del rendimiento de las maquinas.

Debe ponerse especial atención en la instalación de maquinas en las lomas, donde la orografía del terreno puede influir mucho sobre la distribución del viento

B. Control de los costes, gestión y mantenimiento de la instalación

El estudio de viabilidad de una instalación es tarea de los proyectistas, de los asesores o de los constructores mismos. Se trata de hecho de una actividad bastante compleja en la que debe tenerse en cuenta, entre otras circunstancias, los costes y los ingresos, la elección de las maquinas más adecuadas y su dimensionamiento.

Como ejemplo se señala que el coste de una instalación eólica con potencia inferior a 100 Kw. puede variar de 1.000 a 3.000 €/Kw.

Si el resultado económico procedente del estudio de viabilidad proporciona un resultado aceptable, se puede pasar a la fase de autorización y de construcción.

Consolidada la intención de realizar una micro instalación eólica es oportuno contactar con productores de aerogeneradores (posiblemente más de uno). A través de su experiencia y mediante la comparación directa entre las posibles soluciones relativas al lugar específico, se podrán realizar las elecciones técnicas más oportunas.

A menudo, en las aplicaciones de pequeña escala los constructores pueden también ofrecer un asesoramiento en la fase de diseño de las obras.

Considerando la sencillez constructiva de una micro instalación, el mantenimiento y la gestión son bastante sencillos. De hecho, las micro-maquinas eólicas hoy en el mercado, han sido diseñadas también con el objetivo de reducir al mínimo las intervenciones. Normalmente las operaciones de mantenimiento pueden ser realizadas por el usuario mismo; como alternativa muchos constructores ofrecen contratos de mantenimiento con costes razonables.

La gestión se puede incluso realizar a distancia, a través de sistemas de mando y telecontrol que permiten, mediante un ordenador, recibir datos y enviar ordenes a la instalación.

VII. INCENTIVOS

La principal norma que resulta de aplicación es el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

Este reglamento parte de la frontera de los 50 MW de producción eléctrica, en cuyo caso el titular de la instalación disfrutará de los siguientes derechos:

- Conectar en paralelo su grupo o grupos generadores a la red de la compañía eléctrica distribuidora.
- Transferir al sistema a través de la compañía distribuidora de electricidad su producción o excedentes de energía eléctrica, siempre que técnicamente sea posible su absorción por la red y percibir por ello el precio de mercado mayorista más los incentivos previstos para el régimen económico.
- Recibir en todo momento de la compañía distribuidora, siempre que se trate de un cliente sometido a tarifa regulada, la energía eléctrica que sea necesaria para el completo desenvolvimiento de su actividad, abonando la tarifa que le corresponda.
- Acceder al mercado de producción de energía eléctrica, siempre que se trate de un consumidor cualificado, para efectuar las compras de electricidad que precisen para el desenvolvimiento de sus actividades, abonando los precios, peajes y costes de acceso que corresponda en cada caso.
- Acceder al sistema de ofertas en el mercado de producción de energía eléctrica o formalizar contratos bilaterales físicos, en ambos casos por períodos anuales y previa comunicación a la Dirección General de la Energía, Comunidad Autónoma donde esté ubicada la instalación y a los operadores del sistema y del mercado.
- Transferir energía eléctrica a las unidades consumidoras.