

Dirección Nacional de Promoción
Subsecretaría de Energía Eléctrica
Secretaría de Energía
República Argentina



ENERGIAS RENOVABLES 2004
ENERGIA EOLICA



INTRODUCCIÓN

La energía eólica hace referencia a aquellas tecnologías y aplicaciones en que se aprovecha la energía cinética del viento, convirtiéndola a energía eléctrica o mecánica. Se pueden distinguir dos tipos de aplicaciones: las instalaciones para la producción de electricidad y las instalaciones de bombeo de agua.

Entre las instalaciones de producción de electricidad se pueden distinguir instalaciones aisladas, no conectadas a la red eléctrica e instalaciones conectadas, normalmente, denominadas parques eólicos. Las instalaciones no conectadas a la red, normalmente cubren aplicaciones de pequeña potencia, principalmente de electrificación rural. Las aplicaciones conectadas a la red eléctrica, por otra parte, son las que permiten obtener un aprovechamiento energético mayor, son además las que presentan las mejores expectativas de crecimiento de mercado.



UN POCO DE HISTORIA

A través de grabados pertenecientes a civilizaciones muy antiguas, se ha podido comprobar que el aprovechamiento del viento con fines energéticos se remonta a por lo menos 3.000 años antes de la era cristiana, habiendo sido utilizado en aquellos tiempos principalmente para la navegación. Diferentes pueblos, desde los egipcios pasando por los Fenicios, Romanos y muchos otros utilizaron esta forma de impulsión.

Los datos más antiguos de artefactos que aprovechaban el viento para otro tipo de actividades (p.e. molienda de granos) aparecen en Persia, alrededor de los años 200 antes de Cristo. Se cree que en siglo XIII esas máquinas fueron introducidas en Europa por quienes retornaban de las cruzadas.

Durante el transcurso de la Edad Media se amplió la gama de usos empleándose para mover la maquinarias de nacies industrias como la textil, maderera, metalúrgica.

Estos primeros molinos eran muy rudimentarios, basando su diseño en la rotación un eje colocado en forma vertical. Los holandeses modificaron esa tecnología y a partir del año 1.350 comenzaron a utilizarse máquinas de eje horizontal y de cuatro palas (Fig.1), muy similares en aspecto a los que acostumbramos ver hoy en día en los típicos paisajes de ese país. A partir de entonces se los empezó a utilizar principalmente para desecar pantanos y lagos y también aserraderos, para la fabricación de papel y para extraer aceites.



Figura 1





Hasta los equipos que aprovechaban la energía del viento producían únicamente energía mecánica. Eran máquinas lentas, pesadas y de baja eficiencia.

A mediados del siglo pasado se desarrolló un molino que se impuso rápidamente en muchos países, llamado comúnmente molino americano, y es el que podemos ver en casi todo el interior de nuestro país. Este molino es también un convertidor de energía mecánica, pero con una eficiencia muy superior a la de los anteriores y se destina casi exclusivamente al bombeo del agua.

Las primeras máquinas equipadas con generadores eléctricos, hacen su aparición hacia 1900. Durante la primera mitad del siglo, a pesar de que no hubo una activa utilización de la energía eólica, se produjeron gran variedad de diseños cuyos principios fundamentales son válidos hasta el presente.

Desde la década del 30 y hasta comienzos de la del 50 se popularizaron máquinas de pequeño porte (hasta unos 3kW) en el medio rural, donde todavía no existía un sistema de electrificación por redes que cubriera amplias zonas.

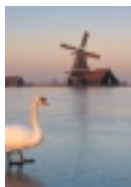
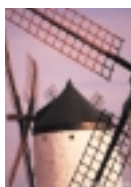
También se constituyeron equipos de gran tamaño. Por ejemplo, durante la segunda guerra mundial funcionó en EEUU una turbina de 1.250 kW de potencia. Desde 1958 hasta 1966 se constituyeron y operaron en Francia, EEUU y Dinamarca, varias máquinas de potencia superior a 1.000 kW. Sin embargo, todas estas experiencias terminaron en verdaderos fracasos porque se enfrentaron con problemas tecnológicos que en ese entonces resultaban prácticamente insolubles, hecho que provocó que quienes debían tomar decisiones políticas sobre su utilización no creyeran en cuanto al futuro de esta tecnología como oferta energética válida. Por otra parte, el precio excesivamente bajo de los combustibles hacía muy difícil si no imposible la competencia de cualquier tipo de equipo convertidor de energía eólica contra un generador térmico.

La crisis energética de los años 70, que ocasionó un abrupto encarecimiento del petróleo, y por consecuencia de sus derivados, provocó que aquellos países que tenían una importante dependencia de la importación de esos productos para la satisfacción de sus necesidades energéticas, buscaran soluciones alternativas a los grandes desequilibrios económicos que esta situación les creaba.

Es así como empezó a pensarse seriamente en lo que dio en llamarse ahorro o conservación de energía y al mismo tiempo se comenzó a replantear el tema de la utilización de las energías no convencionales, apareciendo entonces la energía eólica, desde el punto de vista económico, como una fuente más competitiva para la producción de electricidad.

Esta situación incentivó la realización de nuevos estudios que llevaron a una importante mejora de las tecnologías de aprovechamiento, logrando equipos convertidores de energía eléctrica cada vez más confiables y potentes. Hoy en día es destacable la explotación que efectúan países como Estados Unidos, Dinamarca, Alemania, Holanda, España y otros que cada vez en mayor número se van incorporando.

A título ilustrativo, se puntualizan las potencias instaladas a fines de 1996 por los principales países productores de energía eólica en el mundo: Estados Unidos 1.596 MW; Alemania 1.546 MW; Dinamarca 835 MW; España, Holanda y Gran Bretaña con algo más de 200 MW cada una. El total mundial alcanzaba a 6.056 MW.





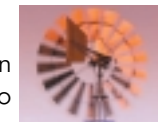
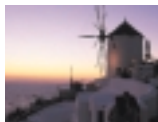
LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía contenida en el viento puede ser transformada, según sea la necesidad, en energía eléctrica, mecánica o térmica.

Las posibilidades de uso que ofrece la energía eléctrica son bien conocidas. En cuanto a la mecánica, en el caso que nos ocupa, se utiliza el bombeo de agua o molienda de distintos productos. La energía térmica se consigue a partir de la energía mecánica. Para efectuar esa transformación se utilizan distintos tipos de equipamientos.

En términos generales no se requieren grandes velocidades de viento para producir energía, más bien al contrario, cuando el viento es demasiado intenso se hace necesario detener los equipos para evitar deterioro.

En la mayoría de los casos, un equipo comienza a generar energía con una velocidad del viento de 4 metros por segundo (m/s), equivalente a unos 15 km/h. Entrega su potencia máxima cuando la velocidad es del orden de los 12 a 15m/s (40 a 55 km/h) y es necesario sacarla de servicio cuando alcanza 25m/s (90km/h).



LAS MÁQUINAS EÓLICAS

Existen dos tipos principales de máquinas que aprovechan la energía contenida en el viento: los molinos, que se utilizan fundamentalmente para bombeo mecánico de agua, y los aerogeneradores de electricidad.

Molinos

Es muy común en el campo la utilización para extraer agua del subsuelo. El equipo utilizado se denomina molino multipala (Fig. 2) en razón de estar compuesto por un número elevado (12 a 16) de palas. La razón de este sistema radica en que con muy baja velocidad de viento (apenas una brisa) está en condiciones de trabajar. Al girar acciona mecánicamente una bomba que extrae el agua necesaria.

El diseño de este tipo de molino es de origen norteamericano, introducido en Argentina a mediados del siglo pasado y hoy de fabricación nacional. También es muy utilizado en Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca.

Aerogeneradores

Estos equipos están especialmente diseñados para producir electricidad. En la actualidad se fabrican máquinas comerciales de muy variados tamaños, desde muy bajas potencias (100 a 150 W) hasta 700 y 800 kW. y ya están superando la etapa experimental modelos de hasta 1.500 kW. de potencia.

A diferencia de los molinos, estos equipos se caracterizan por tener pocas palas porque de esta manera alcanzan a desarrollar una mayor eficiencia de transformación de la energía primaria contenida en el viento. Si bien existen algunos de una sola pala, los de dos o tres son lo más utilizados.

Sintéticamente un aerogenerador está conformado por dos elementos principales: un rotor compuesto por un eje y la o las palas que es accionado por el viento, y un generador que se mueve por arrastre del rotor.



Figura 2



Los rotores de los aerogeneradores de potencia mediana en adelante (más de 20 kW.) no desarrollan gran número de revoluciones, considerándose como normal el orden de 60 a 70 revoluciones por minuto. Teniendo en cuenta que los generadores normalmente trabajan a unas 1.500 r.p.m., para adecuar las distintas velocidades de trabajo de estos dos elementos se intercala una caja multiplicadora.

En las máquinas pequeñas el generador suele ser un alternador conectado directamente al eje de rotación.

Se puede diferenciar a los aerogeneradores en dos grandes grupos según sea la posición del eje de rotación: de eje vertical y de eje horizontal. Ambas tecnologías tienen sus aspectos favorables y desfavorables.

Los aerogeneradores de eje vertical (Fig. 3) tienen la ventaja de no necesitar orientarse respecto a la dirección de donde sopla el viento, porque cualquiera sea ella, acciona en la misma forma sobre su rotor. Además, los equipos de generación y control se ubican al pie de la estructura simplificando de esta manera el acceso a los mismos y abaratando por consiguiente el mantenimiento. También ofrecen una robustez y resistencia destacable para ser utilizados en zonas de vientos arranchados y de direcciones cambiantes.

Como principal elemento desfavorable se puede mencionar que la eficiencia de conversión energética es algo menor que la de los del otro tipo.



Figura 3:
Aerogenerador de eje vertical



En los aerogeneradores de eje horizontal, (Fig. 4) el plano de rotación debe conservarse perpendicular a la dirección del viento para poder captar la máxima energía. En consecuencia, para adecuarse a las variaciones de dirección, debe instalarse algún mecanismo que oriente la posición del rotor.

En equipos pequeños y medianos (hasta unos 10 ó 15 kW.) el sistema de orientación es sencillo y mecánico, representado por un timón de cola que reacciona en forma automática.

En equipos de mayor tamaño y muy especialmente en los grandes (de más de 100 kW.), la orientación del equipo se controla electrónicamente a través de un sistema computarizado.

El generador, así como la caja de multiplicación, están ubicados en el cuerpo del equipo, que se encuentra en la parte superior de la torre. Este trae aparejado por un lado la necesidad de un importante cableado para conducir la corriente generada y las señales enviadas al sistema de control y por otro el inconveniente que cuando se produce alguna avería o se efectúa un control de rutina, es necesario subir a la torre.

Como se ve, las diferencias a favor o en contra de cualquiera de las dos tecnologías no alcanzan a ser de suficiente envergadura como para descalificar a ninguna de ellas. De todos modos, es importante acotar que más del 80% de los fabricantes se inclinan por el sistema de eje horizontal.

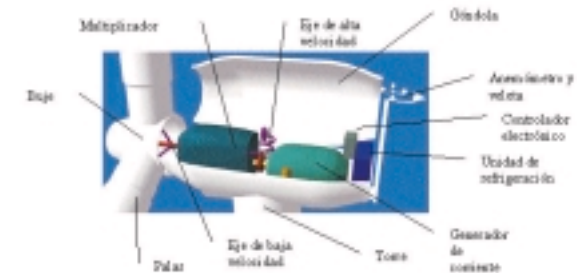


Figura 4: Aerogenerador de eje horizontal

SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA

El uso de toda fuente energética presenta tanto ventajas como desventajas, por lo que es importante, antes de emprender una utilización, efectuar un balance entre los pro y los contra de una u otra posible a utilizar.

La energía eólica, por supuesto, no puede escapar a esta premisa. Como principales ventajas se pueden mencionar:

- *es inagotable
- *no es contaminante
- *es de libre acceso (gratuita)
- *se puede aprovechar en la medida de las necesidades del momento

En cambio las mayores desventajas indican:

- *se encuentra dispersa
- *es intermitente y aleatoria (no continua)

La condición que se puede considerar normal en la mayor parte del planeta es que las características del viento no resulten suficientemente adecuadas para su utilización como fuente energética importante, salvo para aprovechamientos de pequeña potencia. No obstante, existen regiones donde las condiciones de ocurrencia del recurso energético son tales que resultan sumamente ventajosas para su aprovechamiento.

Desde el punto de vista económico, aún cuando la inversión inicial necesaria para la instalación de los sistemas de captación eólica es mayor que la requerida para un sistema diesel, los equipamientos eólicos tienen bajos costos de mantenimiento, "combustible" gratis y una vida útil prolongada (20 años o más), lo que les permite competir cada vez más eficazmente con otras fuentes energéticas.



UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica generada a partir de este tipo de equipamiento se destina, por supuesto, a satisfacer necesidades de trabajo y confort requeridas por el hombre. De las distintas posibilidades de disponibilidad de esta energía generada, mencionaremos tres casos que, al menos en nuestro país, conforman situaciones generalizadas y bien caracterizadas.

a.- Vastas zonas del país tienen población y establecimientos rurales y de servicios dispersos tales como estancias, escuelas, puestos de gendarmería, policías dispensarios médicos, etc. Normalmente esta gente y establecimientos no tienen acceso a una provisión energética segura y confiable. Mediante máquinas de pequeña potencia (generalmente menos de 10 kW.) se puede proveer, si la calidad del recurso eólico es adecuada, de energía para mejorar las condiciones de vida posibilitando el acceso a iluminación, comunicación social y de seguridad (televisión, radio, etc.) y eventualmente la utilización de algunas pequeñas herramientas eléctricas.

b.- Otro aspecto se centra en la existencia de un importante número de pequeñas localidades donde ya se cuenta con un servicio eléctrico de origen térmico, en general accionado a gas oil, el que en muchos casos por razones de costo y protección del equipo se utiliza solamente unas pocas horas al día, impidiendo de esta manera el eventual establecimiento de pequeñas industrias derivadas de la actividad local y retrasando también las posibilidades de mejor condición de vida de la población involucrada. Si las circunstancias lo permiten, acoplando máquinas eólicas de una capacidad acorde con la de los equipos existentes, se puede mejorar la calidad del servicio aumentando su confiabilidad y prestación, con el agregado de poder lograr una disminución en el consumo de combustible.

c.- Por último, en regiones con recurso eólico adecuado, si se cuenta con una red de transmisión de alta tensión, es posible establecer verdaderas "centrales" eléctricas conformada por un número variable pero en general importante de turbinas de elevada potencia (250 W en adelante). La energía generada en estas instalaciones, denominadas granjas o parques eólicos, ingresa directamente a la red.



Típico Esquema de un Parque Eólico



LA ENERGÍA EÓLICA EN ARGENTINA

Aunque sea poco reconocido, Argentina es un país que tiene una importante tradición eólica. Desde mediados del siglo pasado, y hasta hoy en día, se pueden encontrar en la Pampa Húmeda fundamentalmente, y también en otras regiones, numerosos molinos multipala utilizados por los establecimientos agroganaderos para la extracción de agua.

De acuerdo con el Censo Agropecuario Nacional, efectuado en el año 1988, existen más de 400.000 máquinas de este tipo. Haciendo el cálculo del equipamiento eléctrico que resultaría necesario disponer para reemplazar la acción de estos molinos, encontramos que sería equivalente a cerca de un tercio de la capacidad del Chocón (unos 350 a 400 MW de potencia).

Por otra parte, a partir de la década del 30, se hicieron muy populares los denominados aerocargadores, máquinas eólicas de pequeña potencia generadoras de electricidad, destinadas fundamentalmente a cargar baterías con las que los pobladores podían en algunos casos iluminarse y también escuchar radio.

Como nuestro país no podía escapar al contexto general, al producirse la extensión de la electrificación rural por redes y la facilidad en adquirir equipos accionados a combustible a un precio muy acomodado, con la posibilidad, además, de brindar un servicio más completo, fue desplazando paulatinamente a los generadores eólicos, aunque en la actualidad se encuentran todavía algunos, especialmente en la Patagonia.

A partir de la crisis petrolera de 1973 y 1979, se empezó a trabajar activamente en Argentina, fundamentalmente en el sector de investigación, en procura de adquirir experiencia en el uso de las nuevas tecnologías. También la paulatina toma de conciencia de que es mejor, en tanto sea posible, la utilización de fuentes energéticas que no produzcan contaminación ambiental, influyó grandemente en la decisión de impulsar la energía eólica.

Entre los años 1985 y 1989 se han llevado a cabo algunos proyectos demostrativos con el objeto de adquirir experiencia en la aplicación de las nuevas tecnologías. A partir de un acuerdo de asistencia técnica con Alemania, se instaló un parque eólico compuesto por 4 aerogeneradores de 30 kW. de potencia cada uno conectados a la central térmica de la localidad de Río Mayo, ubicada al sudoeste de la provincia del Chubut.



En algunas provincias como Neuquén, Buenos Aires y Catamarca se han instalado máquinas de pequeña potencia (hasta 1 ó 2 kW.). En el caso de Neuquén para energización de estaciones repetidoras de comunicaciones; en otros como Buenos Aires a título experimental para proveer de energía eléctrica a escuelas rurales o como en Catamarca (aquí la acción la desarrolló la Universidad local) para suministrar energía a un puesto de Gendarmería ubicado en Paso San Francisco a unos 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Se tiene entendido que estos emprendimientos no se encuentran actualmente en funcionamiento.

Es imposible conocer en forma segura la potencia instalada en el país a través de aerogeneradores de pequeño tamaño, pero seguramente no exageramos si calculamos una cifra superior a los 2.000 kW.

A partir del año 1994 en virtud de la modificación de la política energética que impulsó la participación privada en todo el proceso energético, varias cooperativas que prestan servicios eléctricos se interesaron en la posibilidad de incrementar su oferta mediante la generación a partir del viento.

La primera de ellas, que atiende la localidad de Comodoro Rivadavia (Chubut) y zonas aledañas, instaló el mes de enero de 1994 dos máquinas generadoras de 250 kW. de potencia cada una como proyecto preliminar y de ensayo. Los resultados obtenidos fueron tan satisfactorios que en septiembre de 1997 pusieron en marcha 8 equipos de 750 kW. de potencia cada uno. Otra localidad vecina a Comodoro Rivadavia (Rada Tilly) montó también un equipo de 400 kW. de potencia, en funcionamiento desde principios de 1996.

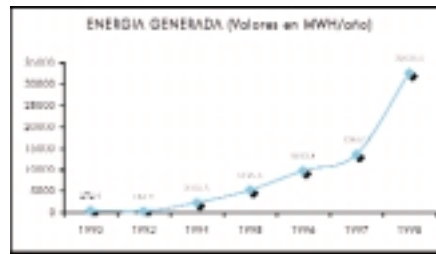


Otros casos como la cooperativas de Cutral C6 en Neuqu6n, Puna Alta y Bajo Hondo (cercanas a Bah6a Blanca), Mayor Buratovich, Darregueira, Claromec6 y una que atiende la zona rural de Tandil, todas estas en la Provincia de Buenos Aires, instalaron a fines de 1998 un total de 32 equipos que completan una potencia instalada de 14.000 kW.

Tambi6n en la producci6n de energ6a a partir del viento se verifica un importante crecimiento en los 6ltimos a6os, alcanz6ndose en diciembre de 1998 los 32.500 MWh. Los gr6ficos que siguen ilustran las situaciones descriptas.



Capacidad Instalada



Energ6a Generada
(Valores en MWh/a6o)

Por otra parte, la sanci6n por el Congreso Nacional de una ley de promoci6n para la producci6n el6ctrica a partir del viento, ser6 seguramente un importante aliciente para incrementar la instalaci6n de centrales y parques. De hecho, varias Cooperativas y Empresas del 6rea energ6tica se han mostrado interesadas en el estudio de las posibilidades econ6micas de esta fuente energ6tica.



Copyright (C) 2004
Secretar6a de Energ6a

T6tulo Original de la Obra:
Energ6as Renovables 2004 - Energ6a E6lica

Publicado por:
Secretar6a de Energ6a

Desarrollado por:
Direcci6n Nacional de Promoci6n
Subsecretar6a de Energ6a El6ctrica

Edici6n, diagramaci6n y dise6o:
Tecnolog6a de la Informaci6n
Direcci6n General de Cooperaci6n y Asistencia Financiera
Secretar6a de Energ6a



<http://energia.mecon.gov.ar>