

# Energía Eólica: Alternativa Energética Viable

Luis Milla Lostaunau

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú*

**RESUMEN:** El presente artículo se trata de exponer los principios básicos de la generación de electricidad por medio de la acción del viento, que produce una fuerza sobre las paletas de una turbina de viento.

**ABSTRACT:** The present article try to expose the basic principles of generation of electricity by means of the action of wind, which produces a force on the pallets of a wind turbine.

**PALABRAS CLAVES:** Palas, eólica, rotor, veleta, turbinas, corriente continua.

## I. INTRODUCCIÓN

El viento es una masa de aire en movimientos. El aire es el fluido gaseoso que envuelve a la tierra y que es indispensable para la vida humana, lo de los animales y también para las plantas, que respiran de manera análoga al hombre. La envoltura gaseosa recibe el nombre de atmósfera, el cual no tiene un límite definido.

La atmósfera no es uniforme en todo su espesor; por efecto del peso del aire, sus capas inferiores, las que se hayan cerca del suelo, están más comprimidas que las superiores y son más densas. En la capa inferior es donde se mueven los vientos, en la superior se mueve suavemente, pero se notan movimientos de ascenso y descenso.

Aunque la densidad del aire es 750 veces menor que la del agua, la masa de aire en movimiento produce una fuerza enorme; por ejemplo un kilómetro cúbico es igual a un millón de toneladas. Pero de esta masa tan solo utilizamos una porción muy pequeña, de otro lado las variaciones de la intensidad y dirección que experimenta el viento reducen considerablemente su aprovechamiento, haciendo un cálculo matemático sencillo nos indica que la potencia desarrollada por el viento es:

$$P = k \cdot \frac{1}{2} S \cdot v^2 \cdot \alpha \text{ Vatios} = 0,00136 \cdot \frac{1}{2} S \cdot v^2 \cdot \alpha (CV)$$

Fórmulas en las que S representa la sección del cuerpo normal a la dirección en la cual sopla el viento;  $v$  es la velocidad de éste y  $\alpha = 1,29$  kilogramos/metrocúbico; esto es el valor de la densidad del aire (1,293). De aquí resulta que la potencia que desarrolla el viento es proporcional a la tercera potencia de su velocidad. De aquí nos podemos dar cuenta la enorme potencia que desarrolla el viento cuando su velocidad es de 100 km/hora así como la acción destructiva de los humanos.

La energía eólica o del viento fue la primera energía empleada por el hombre después de su energía muscular propia. Fue mucho más fácil al hombre dejarse empujar sobre una ligera balsa por el viento que cazar y domar un caballo salvaje. El molino de viento es la máquina energética más sensible que se conoce y el único ingenio inventado por el hombre después de la vela para aprovechar el viento como agente activo productor de energía. Actualmente debido a los altos precios del petróleo, se esta estudiando a fondo, cuantas posibilidades existen de utilizar la energía del viento, quizá sea necesario remover la vieja técnica de su utilización por los antiguos molinos holandeses, españoles, portugueses y griegos, sobre nuevas bases científicas erigir el moderno proceso de utilización de una fuente de energía que aunque inconstante no deja de ser rendidora por ser gratuita.

## II. ENERGÍA DEL VIENTO: DENSIDAD DEL AIRE Y ÁREA DE BARRIDO DEL ROTOR

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) que actúa sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento, depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento.

### A. Densidad Del Aire:

La región cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa (o peso). La energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir de su masa por unidad de volumen. Cuanto más pesado sea el aire más energía recibirá la turbina. A presión atmosférica normal y a 15°C, el aire pesa unos 1,225 kilogramos por metro cúbico la densidad disminuye ligeramente con la humedad, además el aire es más denso cuando hace frío que con calor. A grandes altitudes (en las montañas) la presión del aire es más baja y el aire menos denso.

### B. Area de Barrido del Rotor

Un aerogenerador típico de 600 kw tiene un diámetro del rotor de 44 metros, lo que supone un área del rotor de 1500 m<sup>2</sup>. el área del rotor determina cuanta energía del viento es capaz de capturar una turbina eólica. Dado que el área del rotor aumenta con el cuadrado del diámetro del rotor, una turbina que sea dos veces más grande recibirá cuatro veces más energía.

### C. El Tubo De Corriente:

El rotor de la turbina eólica debe frenar el viento cuando captura su energía cinética y la corriente en energía rotacional, lo que implica que el viento se moverá más lentamente en la parte izquierda del rotor que en la derecha., la cantidad de aire que para a través del área barrida por el rotor desde la derecha (por segundo) debe ser igual a la que abandona el del rotor por la izquierda, el aire ocupara una mayor acción sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor.

## III. LA POTENCIA DEL VIENTO

La cantidad de energía que posee el viento varia con el cubo de la velocidad media del viento. En el caso de turbinas eólicas se usa la energía de frenado del viento, si doblamos la velocidad del viento, tendremos dos veces más porciones cilíndricas de viento moviéndose a través del rotor cada segundo donde cada una de esas porciones contiene cuatro veces más energía. (Ver figura N° 1)

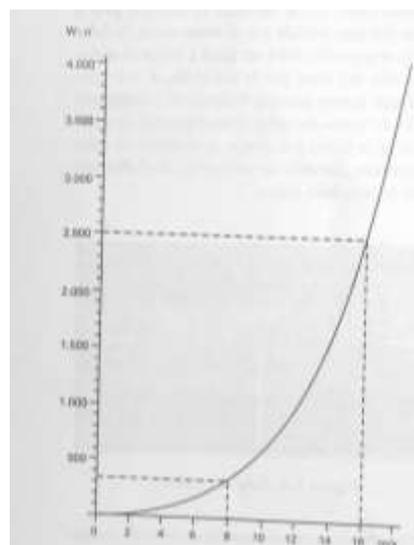


Fig. 1. Diagrama de potencia vs. velocidad del viento

Muestra que con una velocidad del viento de 8m/s se obtiene una potencia (cantidad de energía por segundo) de 314 w por cada metro cuadrado expuesto al viento (viento incidiendo perpendicularmente al área barrida por el rotor). A 16 mts/s obtendremos una potencia ocho veces mayor, esto es 2500 w/m<sup>2</sup>.

## IV. GENERADORES DE TURBINAS EÓLICAS

En la actualidad la mayoría de las aeroturbinas, están adaptadas para producir electricidad, debido a la facilidad en la manipulación y transporte inherente este tipo de energía.

El sistema eléctrico de una aeroturbina esta condicionado por las características de operación del rotor, es decir si opera a vueltas constantes o en vueltas variables, y por el sistema de aprovechamiento de la energía obtenida y con conexión directa a la red o con alguna forma de almacenamiento. El inconveniente de utilizar los sistemas de vueltas variables para producir electricidad es la dificultad de conseguir frecuencias estabilizadas. Existen dos métodos de utilizar sistemas eólicos de vueltas variables para generar corriente alterna con frecuencia estable, aunque resultan bastante complicadas. Posiblemente la solución más práctica es generar corriente continua, almacenarla en baterías y en todo caso transformarla después en alterna mediante un convertidos de cc/ca, uno consiste en modular el campo de excitación del generador en función de la variación en las revoluciones del eje del motor, mediante sistemas electrónicos. El otro consiste en utilizar corriente alterna en la excitación del generador y hacer girar el inductor a altas velocidades. La corriente de salida tendría una alta

frecuencia estabilizada, que una vez modulada podría ser adecuada para conectarla a la red.

La mayoría de los aerogeneradores funcionan en régimen de vueltas constantes, debido a que las soluciones para obtener corrientes estables en los sistemas de vueltas variables no son, por el momento prácticos. Las turbinas que funcionan con velocidad de régimen fija suministran una corriente de salida con una frecuencia estable, debido a los sistemas de control y regulación de revoluciones del eje del motor. Los generadores que transforman la energía mecánica en eléctrica pueden ser dinamos o alternadores, los cuales pueden ser de excitación (sincrónicos) o de inducción (asincrónicos)

### III. GENERADORES DE TURBINAS EÓLICAS

En la actualidad la mayoría de las aeroturbinas, están adaptadas para producir electricidad, debido a la facilidad en la manipulación y transporte inherente este tipo de energía.

El sistema eléctrico de una aeroturbina esta condicionado por las características de operación del rotor, es decir si opera a vueltas constantes o en vueltas variables, y por el sistema de aprovechamiento de la energía obtenida y con conexión directa a la red o con alguna forma de almacenamiento. El inconveniente de utilizar los sistemas de vueltas variables para producir electricidad es la dificultad de conseguir frecuencias estabilizadas. Existen dos métodos de utilizar sistemas eólicos de vueltas variables para generar corrientes alternas con frecuencia estable, aunque resultan bastante complicadas. Posiblemente la solución más práctica es generar corriente continua, almacenarla en baterías y en todo caso transformarla después en alterna mediante un convertidos de cc/ca, uno consiste en modular el campo de excitación del generador en función de la variación en las revoluciones del eje del motor, mediante sistemas electrónicos. El otro consiste en utilizar corriente alterna en la excitación del generador y hacer girar el inductor a altas velocidades. La corriente de salida tendría una alta frecuencia estabilizada, que una vez modulada podría ser adecuada para conectarla a la red.

La mayoría de los aerogeneradores funcionan en régimen de vueltas constantes, debido a que las soluciones para obtener corrientes estables en los sistemas de vueltas variables no son, por el momento prácticos. Las turbinas que funcionan con velocidad de régimen fija suministran una corriente de salida con

una frecuencia estable, debido a los sistemas de control y regulación de revoluciones del eje del motor. Los generadores que transforman la energía mecánica en eléctrica pueden ser dinamos o alternadores, los cuales pueden ser de excitación (sincrónicos) o de inducción (asincrónicos)

### V. GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA

La dinamo eléctrica es una máquina eléctrica sencilla, su mayor inconveniente, es que utiliza escobillas en el colector, lo que exige un mantenimiento superior al de los alternadores. El inducido es el rotor, la corriente generada en las bobinas inducidas es alterna, pero la salida se obtiene mediante dos semianillos recorridos en su giro por dos escobillas colectoras, que con el tiempo se desgastan. Las bobinas inductoras se encuentran en el estator y son alimentados por la corriente generada por la propia máquina. El arranque se realiza utilizando el magnetismo permanente de los polos inductores. La tensión generada dependen de la velocidad de giro y el número de polos, y la intensidad de la corriente este relacionada con la tensión y la carga. Para evitar sobre tensiones o sobre intensidades suelen ir acompañadas de unos reguladores tanto de tensión como intensidad. (Ver figura N°.2)

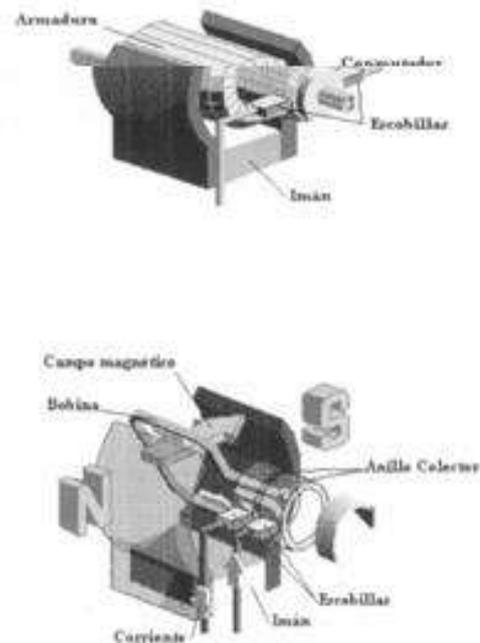


Fig.2. Generador y Alternador

## VI. FUNCIONAMIENTO DE UN AEROGENERADOR

### A. Componentes de un aerogenerador

Los componentes de un aerogenerador son la góndola, los polos del rotor, el buje, el eje de baja velocidad, el multiplicador, el eje de alta velocidad, el multiplicador, el eje de alta velocidad con su freno mecánico, el generador eléctrico, el mecanismo de orientación, el controlador electrónico, el sistema hidráulico, la unidad de refrigeración, la torre, el aumento y la veleta. (ver figura N°3)

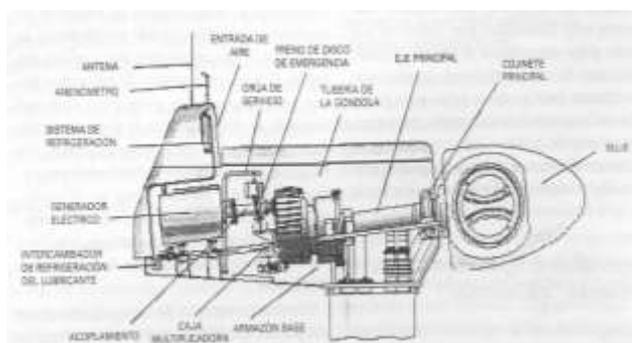


Fig. 3. Partes de aerogenerador

### B. Control de potencia de aerogeneradores

Los aerogeneradores están diseñados para producir energía eléctrica de la forma más barata posible. Están diseñados para rendir al máximo a velocidades alrededor de 15 m/s. no es conveniente diseñar aerogeneradores que maximicen su rendimiento de vientos tan fuerte, ya que no son comunes. En caso de viento mas fuerte es necesario gastar parte del exceso de la energía del viento para evitar daños en el aerogenerador, por lo que todos los aerogeneradores están diseñados con algún tipo de control de potencia. En los modernos aerogeneradores hay dos formas de hacerlo con seguridad.

### C. Torre de soporte

Atendiendo al tipo de torre se encuentra una amplia dispersión, ya que se usan torres atirantadas autoportantes, tubulares y de celosía. Es practica habitual que el fabricante ofrezca diferentes tipos de torres, de acuerdo con las características del emplazamiento. Lo mismo ocurre con las alturas de la torre. Así se encuentra casos para un mismo modelo que ofrecen con torres de 6, 8, 12, 24, 30 y 40 metros.

Como conclusión en el campo de las tecnologías presentes en el mercado, el aerogenerador tipo de pequeña potencia existente es de eje horizontal trípala a barlovento, con un generador síncrono de imanes permanentes, orientado por timón de cola y con regulación de la velocidad mediante cabeceo o cambio de paso pasivo. Dispone de sistema redundante de frenado, aunque uno de los sistemas tiene un frenomecánico. El aerogenerador se ofrece generalmente con diferentes tipos de torres de soporte y alturas buje.

## VII. CONCLUSIÓN

En esta época donde el barril de petróleo bordea los 100 dólares el barril y su tendencia es seguir subiendo, creo que el conocimiento completo de la tecnología de obtención de energía eléctrica por medios eólicos es una buena alternativa que varios países desarrollados han optado por aplicarlo.

Nuestro país no debe dejar de lado este medio de producción, de electricidad, existen algunas provincias que tienen interés en utilizarla, debido a la facilidad con que podría construirse.

## REFERENCIAS

- [1] José Ma De Juana (Coordinador), *Energías Renovables para el desarrollo*, Cooperación Internacional- J – Edit. Paraninfo, 2000.
- [2] Luz Aedo Torres López, CEDEGAS, *Calculo y Selección de Aerogeneradores para la generación de electricidad*, 2001.