

USO DE LA ENERGÍA EÓLICA COMO MEDIO DE SUSTENTO ENERGÉTICO EN EL PAÍS

Oscar Vicente Lozano Ayala, olozano@est.ups.edu.ec
 Alex Javier Siguenza Maldonado, asiguenza@est.ups.edu.ec
 Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca

Abstract—En el presente paper se va a tratar los beneficios energéticos que se puede obtener en el país al implementar los campos eólicos aprovechando los páramos fríos de la sierra y los vientos marítimos en las playas de la zona costera.

Index Terms—Energía Eólica, Aerogenerador, Velocidad del Viento, Turbinas, Hélices, Potencia, Generador, Kilovatios, Megavatios, Consumo, Centrales eólicas, Medio Ambiente, Aspas, Gondola, Buje del rotor.

HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DEL VIENTO

La primera aplicación de la energía eólica probablemente sea la navegación a vela, de la que se tiene noticias desde la época del antiguo Egipto. Hoy seguimos utilizando el viento en barcos recreativos y podemos ver en pie molinos de viento que se han utilizado para moler grano o bombear agua.

Una tecnología más avanzada logró aplicar el movimiento rotativo de las palas para conseguir la propulsión de los aviones de hélice y de los helicópteros. Como todas las energías alternativas el impulso definitivo se dio cuando realmente se tuvo necesidad de ella. Esto ocurrió a partir de la crisis del petróleo de 1973 en la que el precio del crudo se disparó y los países productores llegaron a amenazar con interrumpir el suministro a quienes apoyaran a Israel en su lucha contra los palestinos. El accidente de la central nuclear de Chernobyl potenció todavía más el desarrollo de las energías renovables. Se ha investigado y desarrollado diversos tipos de molinos, que en la actualidad se denominan aerogeneradores.[3]

COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR

Todas las máquinas eólicas tienen una serie de elementos comunes:

Columna soporte : Debe tener una altura que evite las turbulencias que genera el viento en el suelo y que aguante la fuerza del viento en las palas.

Sistema de captación : Suele estar constituido por tres palas que giran con el viento. Hoy se está experimentado con sistemas de giro diferentes de las palas.

Sistema de orientación : Su objetivo es que el viento incida perpendicularmente a las palas para lograr un mayor rendimiento. Se consigue mediante motores auxiliares en los grandes aerogeneradores y mediante una veleta en los de menos de 50 Kw. Este sistema además evita que el aerogenerador gire bruscamente con los cambios rápidos de viento.

Sistema de regulación : Su misión es evitar cambios bruscos en la velocidad de giro, que perjudicarían al aerogenerador, cuando el viento varíe con rapidez. Esto se consigue modificando el ángulo de las palas con respecto al viento para mantener las modificaciones en la velocidad de giro dentro de un rango aceptable.

Sistema de transmisión : Las palas producen el giro de un eje llamado rotor que va conectado a un generador eléctrico. Pero la velocidad de giro del rotor es pequeña comparada con la que se necesita para que funcione el generador eléctrico por lo que hay que aumentarlo mediante mecanismo de engranajes con ruedas dentadas llamado multiplicador. La corriente producida puede acumularse en baterías pero por lo general se envía a la red eléctrica, para ello se necesitará convertirla en alterna y elevar su tensión.[2][3]

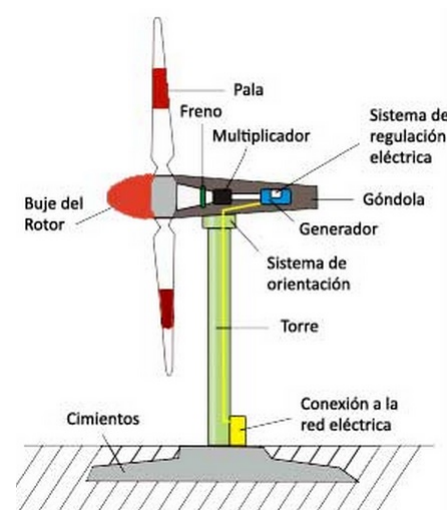


Figure 1. Estructura interna y externa de un Aerogenerador[4]

TIPOS DE AEROGENERADORES

Eje Vertical (VAWT)

- Darrieus (1931) – Eficiencia max: 40%

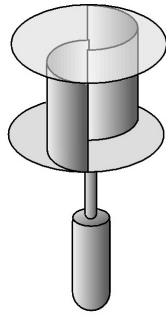


Figure 3. Aerogenerador de eje vertical Savonius[8]

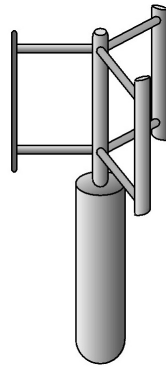


Figure 2. Aerogenerador de eje vertical Darrieus[8]

- Savonius (1922) - Eficiencia max: 20%

Eje Horizontal (HAWT)

- Vawt – Eficiencia max: 53%

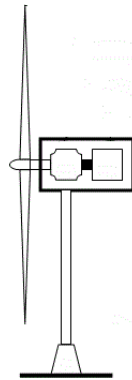


Figure 4. Aerogenerador de eje horizontal[9]

Este ultimo es el mas usado en todo el mundo por su alto porcentaje de efectividad al momento de realizar su trabajo, gracias a la forma de sus aspas.

AERODINÁMICA

Cuando se comenzaron a estudiar las propiedades aerodinámicas de cuerpos de formas diversas, no existía ninguna teoría para calcular perfiles y casi todos los primeros pasos se orientaron a ensayos experimentales. Poco a poco se fueron

entendiendo las relaciones entre las formas de los cuerpos y sus características aerodinámicas pudiéndose comprobar la necesidad de contar con una nariz redondeada y un borde de fuga agudo, en la Figura: 5 se describe la nomenclatura de un perfil aerodinámico: cuerda, borde de ataque, borde de fuga, espesor y curvatura.

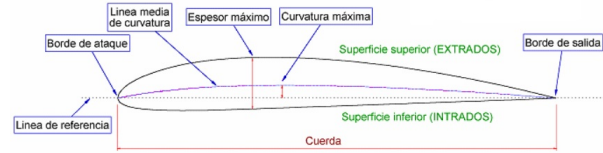


Figure 5. Parte de un perfil alar.[11]

Cuando un perfil de la forma del dibujo enfrenta una corriente de aire, se desarrollan distintas velocidades a ambos lados del cuerpo, Figura: 6.

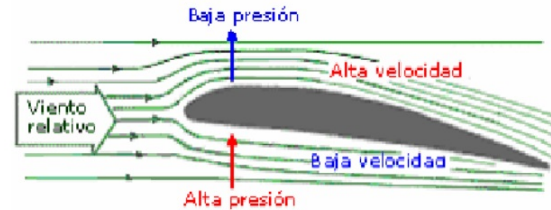


Figure 6. Flujos de viento recorriendo la aspa.[11]

La velocidad es mayor sobre la cara superior del perfil y como de acuerdo con la ecuación de Bernoulli, a mayor velocidad corresponde una menor presión, resulta que en la cara superior se genera una zona de baja presión que succiona al perfil hacia arriba. Correspondientemente, en la cara inferior, donde las partículas del aire se mueven a menor velocidad, se desarrolla una sobrepresión con respecto a la corriente libre que también empuja al perfil en forma ascendente. La integración de las presiones ejercidas sobre el perfil da como resultado una fuerza resultante denominada fuerza de presión.[11]

Para poder realizar un estudio exhaustivo de la composición y comprobación de un aspa, se llegó al análisis de las siguientes ecuaciones.

Potencia del viento

- Area del Rotor (A)
- Densidad del Aire (p)
- Velocidad del Viento (V)

$$Potencia = \frac{1}{2} p A V^3 \quad (1)$$

Area

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

Velocidad del Viento

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (3)$$

Motores eólicos

Las zonas más favorables para la implantación de grandes motores eólicos son las regiones costeras y las grandes estepas, donde vientos constantes soplan regularmente, es necesaria una velocidad media del viento superior a 30 km/h.

Se distinguen dos grandes categorías de motores eólicos, que difieren por la disposición de su eje: horizontal y vertical. En los de eje horizontal, los ejes están paralelos al suelo y los de eje vertical, tienen los ejes perpendiculares al suelo. Los primeros son los más extendidos, exigen una orientación continua de su eje, que se debe mantener paralelo a la dirección del viento; sólo en esta posición las aspas o las palas estarán de cara al viento de modo permanente. Los pequeños motores eólicos de eje horizontal (gama de potencia de 0,5 a 50 kW) suelen estar equipados con gran número de palas (como el molino de las Baleares -de seis aspas- o el molino griego- de doce aspas-). Este tipo de motor eólico tiene la ventaja de poder funcionar con vientos flojos.

Los grandes motores eólicos de eje horizontal están equipados con hélices de tres o dos palas. Estos molinos de hélice se han beneficiado de los progresos técnicos de la aeronáutica para la realización de palas muy grandes, para así poder suministrar potencias elevadas. Sólo funcionan bien cuando soplan vientos de velocidad media o fuerte, en cuyo caso ofrecen un excelente rendimiento. Su principal problema es la fatiga mecánica de los elementos estructurales, que ha provocado la rotura de palas en diversos motores eólicos experimentales.[9]

CIRCULACIÓN GENERAL

Se considera viento a toda masa de aire en movimiento, que surge como consecuencia del desigual calentamiento de la superficie terrestre, siendo la fuente de energía eólica, o mejor dicho, la energía mecánica que en forma de energía cinética transporta el aire en movimiento. La Tierra recibe una gran cantidad de energía procedente del Sol que en lugares favorables puede llegar a ser del orden de 2000 kW/m^2 anuales; el 2% de ella se transforma en energía eólica capaz de proporcionar una potencia del orden de 1017 kW.[12]

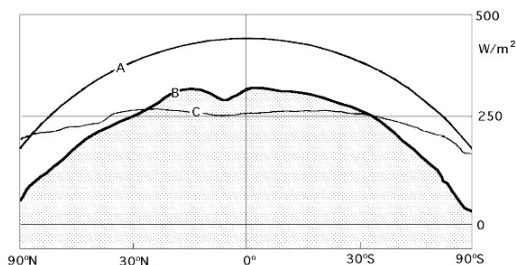


Figure 7. Irradiancia solar[12]

- A) Irradiancia solar sobre una superficie horizontal; B) Irradiancia solar absorbida por la Tierra C) Irradiancia radiada al espacio exterior

La Tierra funciona como una gran máquina térmica que transforma parte del calor solar en la energía cinética del viento, Figura 7. La energía eólica tiene como ventajas la de

ser inagotable, gratuita y no lesiva al medio ambiente, pero cuenta también con los grandes inconvenientes de ser dispersa y aleatoria. Bajo la acción de la presión, el aire de la atmósfera se desplaza de un lugar a otro a diferentes velocidades, dando lugar al viento. El gradiente de velocidades es mayor cuanto mayor sea la diferencia de presiones y su movimiento viene influenciado por el giro de la Tierra.

Las causas principales del origen del viento son:

- a) La radiación solar que es más importante en el Ecuador que en los Polos
- b) La rotación de la Tierra que provoca desviaciones hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur
- c) Las perturbaciones atmosféricas.[10][12]

Brisas

Una aplicación del axioma anterior es la justificación del movimiento del aire tierra-mar en las costas, o tierra-agua en los lagos durante el día y la noche, Figura 8; en las faldas de las montañas el aire se calienta durante el día y se va hacia las alturas, mientras que en la noche el aire frío, más pesado, baja hacia los valles, Figura 8.

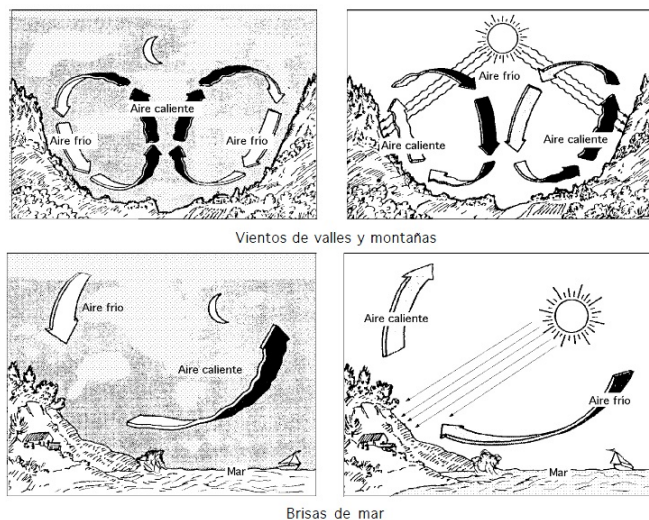


Figure 8. Vientos Particulares y Locales[12]

EL RECURSO EÓLICO

Velocidad del viento : es un parámetro crítico porque la potencia varía según el cubo de la velocidad del viento, o sea, una o dos veces más alta significa ocho veces más de potencia. Además, la velocidad varía directamente con la altitud sobre el suelo, por la fricción causada por montañas, árboles, edificios y otros objetos. Las turbinas eólicas requieren una velocidad de viento mínima para empezar a generar energía: para pequeñas turbinas, este es, aproximadamente, de 3.5 metros por segundo (m/s); para turbinas grandes, 6 m/s, como mínimo.

Características del viento (turbulencia) : mientras que los modelos de viento globales ponen el aire en movimiento y determinan, a grandes rasgos, el recurso del viento en una región, rasgos topográficos locales, que incluyen formaciones geográficas, flora y estructuras artificiales, pueden mostrar la

Table I
COMPARATIVA DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR TODOS LOS SECTORES
DE CONSUMO ENERGETICO[15]

Años	Consumo en (GWh)
2000	2115.943
2001	2235.851
2002	2744.791
2003	2739.127
2004	2570.041
2005	2632.463
2006	1903.18
2007	2978.789
2008	2676.932
2009	2206.447
2010	2638.399
2011	2064.158
2012	2468.951

diferencia entre un recurso eólico utilizable y uno que no lo es.

Densidad del aire : temperaturas bajas producen una densidad del aire más alta. Mayor densidad significa más fluidez de las moléculas en un volumen de aire dado y más fluidez de las moléculas encima de una pala de la turbina produce un rendimiento más alto de la potencia, para una velocidad del viento dada.[12]

ESTRUCTURA POR ZONAS

Gracias a la pequeña introducción que se dio sobre los vientos, brisas y estructura de las aspas, podemos comenzar nuestro estudio basándonos en datos recopilados de lugares tanto de la sierra, como de la costa ecuatoriana.

Sierra

En la parte sierra específicamente hablando de Villonaco (Loja), con un numero de 11 aerogeneradores de 1.5Mw cada uno, además de ser el primero en el mundo con una velocidad promedio anual de 12.7 m/s a una altitud de 2700 metros sobre el nivel del mar, aportando al Sistema Nacional Interconectado una energía de 158.96 GWh desde su entrada en operación.

Costa

Ahora en la parte costera presentamos a Santa Cruz – Baltra (Galápagos) que consta con un numero de 3 aerogeneradores de 750Kw cada uno, con esto el consumo de energía eléctrica es satisfecha por completo para la isla, el estudio que se realizó para la implementación de este campo eólico se basó en la conservación de especies de fauna nativa de dicha isla.

CONSUMO Y GENERACIÓN DE ENERGÍA EN ECUADOR.

En la siguiente tabla se va a comparar los niveles de consumo de energía que tiene nuestro país, en los años anteriores, respecto a los censos más próximos a la presente fecha.

Los valores de consumo energético son verdaderamente altos, con la ayuda de unos campos eólicos ubicados en zonas estratégicas se podría tener una gran cantidad de energía constante la cual ayudaría a solventar la demanda de energía en el país, con la siguiente tabla se dará un valor estimado

de viento en los distintos meses del año, con lo cual se va a poder elegir la ubicación exacta y estratégica para realizar el campo eólico.

Table II
PROMEDIO ESTIMADO DE LA CANTIDAD DE VIENTO[16]

Meses	Viento promedio mensual (m/s)
Enero	6.14
Febrero	6.85
Marzo	5.34
Abril	4.92
Mayo	5.41
Junio	6.23
Julio	7.05
Agosto	8.16
Septiembre	7.09
Octubre	8.67
Noviembre	8
Diciembre	7.34

Para concluir con este análisis podríamos decir que si le invertimos una suma significativa a un plan tan ambicioso como es el presente, podríamos tener una ganancia abundante de recurso energético permanente de electricidad y con un daño mínimo al medio ambiente, sin embargo el daño más visto va a ser de forma estética, ya que los aerogeneradores son de gran tamaño y abarcan un espacio bien amplio de terreno en el cual se podría dar otro uso, por lo cual la implementación de los aerogeneradores en el mar es de mayor beneficio ya que no utilizaría espacio a futuro uso, pero no se puede dejar a un lado que el mantenimiento y vigilancia de esta inversión se tornara más trabajosa por la dificultad de accesibilidad a la zona.

REFERENCES

- [1] DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Pedro Fernández Díez
- [2] ENERGÍA EÓLICA, Manual práctico para la construcción de molinos de viento, Juan Ignacio y Sebastián Urquía Luis
- [3] ENERGÍA EÓLICA, I.E.S. Satafi, Proyecto Comenius 2003-2004
- [4] CONTROL PARA MÁXIMO RENDIMIENTO DE GENERADORES EÓLICOS DE VELOCIDAD VARIABLE, CON LIMITACIÓN DE VELOCIDAD Y POTENCIA, Grupo de Electrónica Aplicada (GEA), Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina ,ROBERTO LEID-HOLD
- [5] Manuales sobre energía renovable: Eólica/ Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -San José, C.R. : Biomass Users Network (BUN-CA), 2002.
- [6] La Energía, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). (1990). Editorial CIEMAT.
- [7] Energía Eólica, Antusolar, AntuSolar® Ltda., <http://www.antusolar.cl/energia-eolica/>
- [8] Energía Eólica, Generar Electricidad con el Viento, Heinrich Berg Hubert Salas Coronel deltavolt.pe
- [9] ENERGÍA DEL VIENTO: Conocimientos Eólicos, Universidad de Cantabria - Por: PEDRO FERNANDEZ DIEZ, <http://inventhable.blogspot.com/2013/08/energia-del-viento-conocimientos-eolicos.html>
- [10] Diseño y Construcción de un Prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical, UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS, Juan Cristóbal Antezana Nuñez
- [11] CÁLCULO Y DISEÑO DE LA HÉLICE ÓPTIMA PARA TURBINAS EÓLICAS, Bastianon R.A., "Teoría de la Helice para Turbinas Eolicas", Servicio Naval de Investigación y Desarrollo, Armada Argentina, Junio 1980. ,Ricardo A. Bastianon
- [12] La Energía Eólica En ECUADOR, "Políticas y estrategias para el cambio de la matriz energética del Ecuador". MEER. Año 2008.

- [13] Proyectos de regeneración Villonaco, Ministerio de Electricidad y energía renovable, <http://www.energia.gob.ec/villonaco/>
- [14] Proyectos de regeneración Islas Baltra-Santa Cruz, Ministerio de Electricidad y energía renovable, <http://www.ergal.org/cms.php?c=1229>
- [15] Balance Energético Nacional, Ministerio coordinador de sectores Estratégicos, Ing. Pablo Carvajal
- [16] ENERGÍA EÓLICA EN ECUADOR VISION GLOBAL, Ministerio de Electricidad y energía renovable
- [17] Propuesta metodológica para el diseño de las aspas de turbinas de viento de eje horizontal, Instituto de energía Universidad de Colombia, Juan M. Mejía.