



LA ENERGÍA EÓLICA COMO ENERGÍA ALTERNATIVA PARA EL FUTURO DE COLOMBIA

Avance del proyecto "La energía eólica como energía alternativa para el futuro de Colombia"

Darlin Andrés Perdomo Delgado¹, María Teresa Jaimes Herrera² y Juan Ernesto Almeida³

¹Ingeniero Agrónomo de la Universidad Francisco de Paula Santander, estudiante de especialización en Gestión Ambiental, Universidad Libre seccional Socorro. darlinandresperdomo@gmail.com

²Ingeniera Forestal de la Universidad Industrial de Santander, estudiante de especialización en Gestión Ambiental, Universidad Libre seccional Socorro. matejahe@yahoo.es

³Ingeniero Ambiental y sanitario, Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro Col Maestría y PhD, Ingeniería Ambiental, Ocean University Of China. juan.almeida@mail.unilibresoc.edu.co

Recepción artículo Febrero 12 de 2014. Aceptación artículo Septiembre 18 de 2014

EL CENTAURO. ISSN: 2027-1212

RESUMEN

La energía eólica es aquella proveniente del movimiento de masa de aire que se presenta en forma de viento y al igual que la mayoría de las fuentes de energía renovables, proviene del sol, ya que son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geográficas de la tierra las que producen la circulación de aire.

Figura 1. Parque eólico Colombia



Fuente: Red de desarrollo sostenible de Colombia

El objetivo del estudio fue determinar la disponibilidad tecnológica actual y la capacidad de generación de la energía eólica frente a la reducción de costos de producción y el impacto sobre el medioambiente. Se utilizó una investigación de tipo descriptiva y documental, tomando referentes investigativos, teóricos y conceptuales a nivel nacional e internacional que plantaron el crecimiento y desarrollo de la energía eólica como alternativa para la demanda en Colombia y el mundo.

Los resultados indican que las tecnologías eólicas que se encuentran disponibles en el mercado internacional son eficientes y viables financieramente, considerando el bajo costo de operación que representa. Llevando a concluir que este tipo de energía renovable permite atender los compromisos sociales con el cuidado del medioambiente que actualmente preocupa a todos los países del mundo frente al uso de sistemas contaminantes que generan impactos sobre la atmósfera y el ecosistema.

Palabras clave

Energía alternativa, energía renovable, Eólico, impacto ambiental.

ABSTRACT

Wind energy is the movement from the air mass is in the form of wind and most renewable energy from the sun, as are the temperature differences between areas geographies of land producing the airflow. The aim of the study was to determine the current technological readiness and capacity of wind power generation in front of reducing production costs and the impact on the environment. An investigation of descriptive and documentary type was used, taking research, theoretical and conceptual references to national and international level who planted the growth and development of wind power as an alternative to Colombia and global demand. The results indicate that wind technologies find available on the international market are efficient and financially viable, considering the low operating cost accounting. This type of renewable energy can social service commitments to environmental care of current concern to all countries of the world against the use of polluting systems that generate impacts on the atmosphere and ecosystems.

Keywords

Environmental impact, sustainable development, wind energy.

1. INTRODUCCIÓN**1.1. Descripción del problema**

Se conoce como energía eólica a la energía cuyo origen es el movimiento de masa de aire que se presenta en forma de viento. Por lo tanto, el viento se convierte en la fuente directa para la generación de energía eólica, cuya presencia en el planeta es constante dependiendo de la ubicación geográfica y de las condiciones climatológicas.

Según Henderson et al. (2003) y Chinchilla, Arnaltes y Burgos, (2006), la energía eólica se presenta como una energía limpia y no contaminante, ya que no deteriora el medio ambiente ni consume recursos naturales, como lo que sucede con las fuentes fósiles como el petróleo y el carbón, que son altamente nocivas para la atmósfera y en general para todos los ecosistemas del planeta.

Teniendo en cuenta las atractivas condiciones del uso de éste tipo de energía para suplir la creciente demanda de la sociedad, principalmente en países en vías de desarrollo como es el caso de Colombia, es importante determinar cuáles son las condiciones actuales en que se encuentra la disponibilidad tecnológica y la capacidad de generación de la energía eólica frente a los beneficios que se pueden obtener en la reducción de costos y menor deterioro del medioambiente.

1.2. Antecedentes

Esta misma problemática ha sido abordada por otras investigaciones como la de Espejo y García (2012) quienes realizaron un estudio sobre la energía eólica en la producción de electricidad en España,

resaltando que éste es uno de los países del planeta que más ha apostado por las energías renovables para la producción de electricidad durante la primera década del siglo XXI. Según Espejo y García, (2012), la energía eólica ha sido la que más se ha desarrollado, por la presencia de vientos que hacen viable su explotación, por las políticas de fomento de todas las administraciones, y por la existencia de un sector industrial español muy innovador y competitivo, cuya actividad tiene un carácter global.

Por su parte, Sierra et al. (2013), estudiaron la energía en redes eléctricas con penetración eólica, tomando el caso del Parque Eólico de Turiguanó, donde se describe la problemática de la generación eólica con respecto a la calidad de la energía producida. En esta investigación se analizaron elementos técnicos del sistema de energía, ya que incorpora inversores que distorsionan la onda fundamental de tensión y corriente, como una de las características de la generación eólica que emplea turbinas de velocidad variable, junto con las exportaciones e importaciones de potencia reactiva y la consecuente disminución del factor de potencia. Como es un estudio de caso práctico, se analizaron a partir de mediciones reales de potencias reactivas, el actor de potencia y armónicos, realizado en el Parque Eólico Demostrativo de Turiguanó (Sierra, F. 2013. Pág.4).

Desde el ámbito nacional, se toma como referencia un estudio realizado por Polo et al. (2008), quienes estudiaron el potencial de generación de energía a lo largo de la costa Colombiana mediante el uso de corrientes de viento inducidas por mareas. Los investigadores analizaron el potencial de energía obtenido de corrientes de marea a lo largo de la costa Colombiana en una extensión aproximada de 3.100 km. Para la toma de datos los investigadores utilizaron imágenes Landsat y sistemas de

información geográfica para digitalizar la línea de costa. Estas imágenes fueron correlacionadas con la topografía y batimetría existente, las cuales indicaron tener características para ser aprovechadas desde el punto de vista de generación de energía. También los niveles de marea se obtuvieron de registros en estaciones de medición y modelos de predicción, y fueron usados para estimar el nivel de marea en los puntos de interés. Los investigadores obtuvieron que la corriente inducida por la marea y los niveles dentro y fuera de la bahía a partir del modelo de Keulegan ofrece posibilidades para ser utilizados en la generación de energía eólica en Colombia (Polo et al., 2008).

A su vez la Revista Dinero (2013), resalta que teniendo en cuenta la necesidad de desarrollar más fuentes de energía eólica, solar y geotérmica, Colombia ha insistido en el potencial extractor del país y ha anunciado la exploración de proyectos a gran escala, entre los que destaca un estudio de factibilidad geotérmica en el Macizo Volcánico del Ruiz (centro) y la ampliación del campo eólico Jepirachi en la Guajira.

1.3. Pregunta problema

¿Cuáles son las condiciones actuales de la disponibilidad tecnológica y la capacidad de generación de la energía eólica frente a los beneficios que se pueden obtener en la reducción de costos y menor deterioro del medioambiente para Colombia?

1.4. Justificación

El desarrollo del presente estudio permitió conocer desde fuentes documentales, los diferentes elementos que condicionan en la actualidad la implementación de sistemas de generación de energía eólica, teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico y la eficiencia en el uso de recursos para la conservación del medioambiente.

Es importante la recopilación de información sobre este tipo de problemas, que permitan plantear a futuro soluciones energéticas integrales y sostenibles ambientalmente para la creciente demanda de las pequeñas, medianas y grandes ciudades que requieren sistemas de generación eléctrica más eficientes.

1.5. Objetivo general

Determinar la disponibilidad tecnológica actual y la capacidad de generación de la energía eólica frente a la reducción de costos de producción y menor deterioro del medioambiente en el caso Colombiano.

1.6. Objetivos específicos

- Establecer el desarrollo tecnológico actual y la capacidad de generación de los sistemas de energía eólica en Colombia.
- Determinar los beneficios que ofrece la producción de energía eólica en relación con los costos y la afectación del medioambiente.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El trabajo se trata de una revisión de la bibliografía relacionada con la energía eólica en el país. Se describe la información encontrada a medida que los autores incluyen sus argumentos.

2.2. Técnicas de investigación

Por lo tanto, para el presente estudio las técnicas e instrumentos se basaron en un enfoque investigativo documental, tomando referentes teóricos y conceptuales a nivel internacional y nacional que plantearon el crecimiento y desarrollo de la energía eólica como alternativa para la demanda mundial actual y futura. Los principales documentos y fuentes se relacionan con investigaciones e instituciones dedicadas al estudio de energías renovables para los diferentes aspectos vinculados a la actividad humana, empresarial e industrial. También se utilizaron las bases de datos de revistas electrónicas indexadas como Scielo, lo cual facilitó tener acceso a investigaciones realizadas en diferentes países del mundo, principalmente España, Cuba y Colombia.

3. RESULTADOS

3.1. Fuentes renovables

Según Medina y Seccia, (2014), en la tierra el movimiento de las masas de aire se debe principalmente a la diferencia de presiones existentes en distintos lugares de esta, moviéndose de alta a baja presión, este tipo de viento se llama viento geoestrófico. Al igual que la mayoría de las fuentes de energía renovables, proviene del sol, ya que son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geografías de la tierra las que producen la circulación de aire (Rudnick, 2010. Pág.8).

Para entender cómo funcionan los sistemas de energía eólica, Medina y Seccia, (2014), explican que la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento se ha desarrollado desde zonas

específicas del planeta, donde los vientos presentan diferentes orígenes; entre los que están las brisas marinas que se generan por la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra, así como los vientos de montaña que se producen por el calentamiento de las montañas y la densidad del aire que hace que el viento suba o baje por la ladera de la montaña dependiendo de las condiciones climatológicas.

Basado en lo anterior, la potencia del viento para la generación de energía depende principalmente de 3 factores, los cuales son área por donde pasa el viento (rotor), la densidad del aire y la velocidad del viento como tal. Considerando que el viento no siempre se mantiene constante en dirección y potencia, para los sistemas de energía es una variable aleatoria, siendo en algunos modelos una variable con distribución probabilística, lo cual debe ser tenido en cuenta en el diseño e implementación de dichos sistemas.

También Rudnick, G., (2010), asegura que desde el punto de vista de la energía eólica, la característica más importante del viento es su variabilidad, tanto desde el punto de vista geográfico como temporal. A gran escala, la variabilidad espacial describe el hecho de que en el mundo existen diferentes zonas climáticas, algunas con mayor disponibilidad de recursos que otras, determinadas fundamentalmente por su latitud.

3.2. Tecnología de las turbinas

Tal como se observa, la tecnología se ha desarrollado rápidamente y actualmente es posible encontrar turbinas de menor costo, más potentes y eficientes. La altura de las torres ha aumentado considerablemente, al igual que el largo de las aspas; logrando una mayor utilización viento y así producir más energía. Actualmente existen unidades de 5 MW con torres de altura superior a 120 metros (Rudnick, C. 2010).

Para entender la evolución tecnológica de los generadores eólicos disponibles en el mercado se tiene en cuenta que para el año 1980 el diámetro del rotor era de 15 metros y una capacidad de generación de 50 KW, mientras que para el año 2004 el diámetro del rotor llega a los 124 metros y genera 5.400kW.

3.3. Limitaciones

Una de las principales limitaciones del sistema de energía eólica es que un alto nivel de penetración eólica supone un deterioro en la calidad de la energía en las redes eléctricas debido a la interacción parque eólico-red eléctrica, por las características inconstantes propias de la generación eólica, ya que se produce mayor deterioro de la onda de tensión y

corriente (Sierra et al., 2013). A pesar de esto, actualmente existe más de una veintena de fabricantes en el mundo, con plenas garantías de curva de potencia y disponibilidad (tanto por ciento del tiempo útil que el aerogenerador esté operando), la cual puede llegar al 95 % frente al 80 % o 90 % logrado por las centrales eléctricas convencionales.

Los 10 fabricantes más importantes son NEG MIKON AG (Dinamarca), BONUS A/S (Dinamarca), ENRON Wind Corp. (EE.UU), Nordex (Dinamarca), Vestas A/S (Dinamarca), Made (España), Enercon (Alemania), Ecotecnia (España), Gamesa (España) y Mitsubishi (Japón) (Lecuona, 2002).

Por otra parte, también se han documentado experiencias en países como España, donde se ha generado algún tipo de rechazo por la implementación de parques eólicos, que a pesar de contribuir al desarrollo rural, también genera un impacto paisajístico rechazado por grupos conservacionistas (Galdós y Madrid, 2009).

Igualmente, Frolova y Pérez (2008), Mérida et al. (2009), Pérez et al. (2009), Frolova (2010) y Baraja y Herrero (2010) han estudiado el impacto negativo de los parques eólicos en el paisaje, quienes orientan sus argumentos hacia la construcción de instalaciones eólicas marinas, que por su ubicación territorial reduce este tipo de afectación.

3.4. Ventajas y beneficios que ofrece la producción de energía eólica en relación a los costos y la afectación del medio ambiente

Dentro de las principales ventajas del sistema de generación de energía eólica es que después de realizada la instalación y la inversión inicial, no se originan gastos posteriores, el consumo de energía eléctrica es totalmente gratuito. Como se sabe, no utiliza combustibles, por lo que no es necesario aprovisionarlo o almacenar combustibles. El mantenimiento es mínimo y el impacto ambiental es nulo, no produce desechos, ni basuras. Igualmente, el sistema es resistente a las condiciones climatológicas más adversas.

Las características técnicas de la generación de energía eólica prevén una mejora de las características funcionales, enfocadas en la tecnología de rotores que giren a velocidad variable, lo que da un mejor aprovechamiento de la fuerza del viento y además se reducirán los esfuerzos mecánicos que actúan sobre las torres. Los generadores podrán ser síncronos y ajustarán la frecuencia de la corriente mediante sistemas electrónicos (Ingurumena, 2012). Dichas mejoras

tecnológicas implicarán un aumento de rendimiento aproximadamente de un 10 por ciento, lo cual representa menores costos, otorgando mejores niveles de rentabilidad de las instalaciones.

Según Rudnick, C. (2010) la inversión en proyectos de generación eólica depende de los costos de la turbina (aspas, generador, góndola, torre y transporte) que representan cerca del 76 % del proyecto. Los costos adicionales son la conexión a la red eléctrica. Respecto al costo por KW instalado, es normal que existan variaciones entre un país y otro.

Por otra parte, Lecuona, M. (2002) afirma, que los costos de la instalación están representados en los aerogeneradores, con una clara tendencia a la baja. Se estima que es aproximadamente de 325 a 400 Euros por metro cuadrado de área de rotor, en el rango de los 225 a 1.800 kW de potencia eléctrica nominal.

Otros costos son en un 25 % la infraestructura civil y eléctrica, los transportes y montaje y la administración. Los costos operativos también tienen tendencia a la baja según progresa la tecnología y se acumula experiencia, estimándose un 2,5 % sobre la inversión inicial (Lecuona, M. 2002).

En lo relacionado con la conversión de sistemas de generación basada en energías renovables, López (2009) asegura que el modelo eólico es una forma eficaz de incentivar la implantación de energías renovables mientras se apliquen tarifas adecuadas. Así se puede comprobar en el hecho de que los mayores desarrollos eólicos se han dado precisamente en los tres países con mayores desarrollos en esta materia, siendo Alemania, España y Dinamarca (López, A. 2009).

En países como los latinoamericanos se siguen de cerca las políticas energéticas de los más desarrollados, los cuales tienen tres objetivos básicos: aumento de la competitividad de la economía con mejora de la eficiencia energética, integración de los objetivos medioambientales, y seguridad en el abastecimiento (Espejo y García, 2012).

De manera especial se observa una creciente preocupación social por la protección del medioambiente que ha llevado a incentivar diferentes aspectos tanto normativos como en los planes de desarrollo, con la finalidad de reducir el impacto de la generación eléctrica como tal.

3.5. Crecimiento mundial de la energía eólica

Según cifras de la European Wind Energy Asociación (2008), durante la última década ha aumentado considerablemente la capacidad instalada de sistemas eólicos en el mundo. A fines del 2008, las instalaciones habían alcanzado los 121 GW, con turbinas instaladas en más de 60 países y donde Europa concentra el 54 % de las instalaciones.

Analizando la evolución de los sistemas de generación eólica durante la última década, se conoció que a finales del año 2008 se había alcanzado una penetración de mercado equivalente al 1,3 % sobre el total de sistemas principalmente tradicionales como aquellos basados en recursos fósiles. Dinamarca es un caso especial, ya que actualmente estos sistemas cubren cerca del 20 % de la demanda (Rudnick, C. 2010).

Se debe destacar que Alemania tiene conectados más de 20.622 MW a la red eléctrica y cuenta con cifras de incremento anual superior a las 2.600 MW/año. También España y Dinamarca lideran, junto con Estados Unidos, el panorama mundial (Departamento de Estudios de Red Eléctrica de España, 2009). Contrario a lo anterior, para el año 2002 Latinoamérica y el Caribe era la región del mundo con menor crecimiento de la energía eólica y con la menor capacidad instalada (Sierra, A. 2013).

Tal como se observa en la figura 1, la evolución de la potencia eólica instalada en el mundo ha crecido significativamente, principalmente desde el año 2008 donde casi alcanzó los 100.000MW hasta llegar a 250.000MW en el año 2011. (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España, 2012)

3.6. Sur América

Actualmente, según el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España (2012) América Central y Sudamérica tienen 3.203 MW de capacidad de generación frente a los 96.616 de Europa o los 52.184 de EE.UU, pero la tasa de crecimiento en 2011 fue de 60 %, frente al 12 % de Europa o el 18 % de EE.UU.

De esta manera, se evidencia el gran potencial de desarrollo de la energía eólica en América del Sur como consecuencia del interés general para producir energía a menor costo y de manera sostenible para el medioambiente.

3.7. Avances de la energía eólica en Colombia

En efecto, se observan perspectivas interesantes para la implementación de sistemas de energía eólica en Colombia. Al respecto, Polo, A. (2008), aseguran que con la tecnología actual, el aprovechamiento del potencial energético es posible en la costa pacífica colombiana considerando que los vientos y mareas de la zona son adecuados.

Los resultados obtenidos a la fecha se encontraron 45 posibles bahías en el Litoral Pacífico cuyo potencial energético se calculó en 120 MW; de los cuales cabe destacar Bahía Málaga con 3.5 MW y la ensenada de Tribuga con 0.5 MW, Punta Catripe (8MW), Bocana Bazan (6MW) y Boca Naya (13MW) son interesantes por su potencial energético (Polo et al., 2008). En general la situación geográfica y climática es estable y homogénea en dicha zona, ya que la variación promedio de la marea es similar a lo largo de todo el litoral pacífico (Soler y Franco, 2003).

Adicionalmente, existen otras líneas de desarrollo eólico planteadas en la región Caribe, donde el recurso eólico ha demostrado ser alto (Pinilla, 2008). Según Huertas y Pinilla (2007) sobre la tecnología eólica disponible actualmente en el mercado, calcula que por kilómetro cuadrado de terreno, y en las condiciones del norte de la Guajira, se pueden instalar cerca de 54 MW eólicos, los cuales producirían cerca de 250 GW-h/año/km².

Adicionalmente, se ha establecido que el terreno ocupado por los parques eólicos en la Guajira y el Caribe pueden ser utilizados para otros usos, que como el agrícola, le permiten a las personas optimizar la producción de la tierra. "Bajo esta suposición, solamente, en la región Caribe, incluida la Guajira, se pueden instalar más de 20 GW en parques eólicos. Ahora bien, si se quisiera extender a zonas de playa o en el mar, este potencial puede resultar mayor a 50 GW" (Huertas y Pinilla, 2007, pág. 5).

En este sentido, Colombia ha estado a la vanguardia en el uso de energías no tradicionales basada en combustibles fósiles, enfocado principalmente en la hidroeléctrica, la cual también presenta dificultades ambientales por los cambios de hábitat que afectan el entorno de las zonas de inundación (Polo et al., 2006). Esto se hace evidente en el interés de los sectores públicos y privados para adoptar diversos tipos de energías renovables, que como la eólica, ofrecen características interesantes de inversión, productividad y rentabilidad (Parque Eólico Jepirachi, 2007).

En nuestro territorio Nacional existen otros lugares donde se sabe hay condiciones favorables de viento

algunos lugares son: San Andrés y providencia, alrededores de Villa de Leyva, zonas aledañas a Cúcuta, algunas zonas de Santander, en Risaralda, en Vallé del Cauca, Huila, Boyacá.

En Colombia se han realizado diseños locales innovadores de aerobombas como la Aerobomba Gaviotas dotada con una bomba de doble efecto, desarrollo que se volvió comercial en 1977. Ya para 1979, se desarrolló el molino de viento comercial el Gavilán; cada uno de estos dos diseños contaba con algunos aspectos innovadores únicos para su operación. Años más tarde y con base en las innovaciones de los equipos Gaviotas y Gavilán, en 1984 se desarrolló la aerobomba comercial Jober, la cual se fabrica en Duitama, Boyacá.

A nivel universitario, vale la pena mencionar la actividad desarrollada en la Universidad de Los Andes en los años 70, que con el trabajo de estudiantes y profesores aportó al desarrollo del equipo comercial Gaviotas. Otro trabajo importante en su momento, fueron los trabajos de investigación realizados por la Universidad Nacional de Bogotá, hacia finales de la década de los 80. Estos desarrollos, para la época, involucraban la fabricación de aspas en fibra de vidrio, software desarrollado para el análisis por elementos finitos de aspas y torre, entre otros aspectos tecnológicos (Pinilla 2008).

4. DISCUSIÓN

La Energía eólica es considerada como una energía alternativa que ha contribuido a nivel internacional con la generación de energía más limpia en muchos países Europeos, esto ha servido de ejemplo para los demás países por lo que es el caso de Colombia, en nuestro país, el único parque que se ha implementado es el Parque Eólico Jepirachi, el cual fue construido por la EPM y es considerado como un proyecto piloto, aunque es importante determinar porque en nuestro país no se han implantado estos parques, se debe tener en cuenta que para la producción de Energía Eólica es importante realizar mediciones de la velocidad y dirección del viento los cuales se hacen por medio de medición de torres que debe tener como mínimo 40 m con sensores ubicados en diferentes niveles, estos son tres, anemómetros, veletas y sensores de temperatura, este tipo de medidas se deben realizar por periodos de 1 año a 1 y medio para determinar cómo se comporta el viento y así poder determinar si se pueden establecer esta clase de proyectos.

Es muy importante que Colombia realice los respectivos estudios para determinar qué áreas son factibles en el desarrollo de estos proyectos de generación de Energía renovable no tradicional que

contribuyera a beneficiar comunidades vulnerables. Lo que se buscaba con el desarrollo de esta investigación era determinar cómo está implementada la Energía Eólica a nivel mundial y como está nuestro país en este mismo proceso, determinando que Colombia ha arriesgado muy poco en la implantación de esta Energía renovable y principalmente el enfoque que le queríamos dar era determinar cómo esta clase de energía genera impactos menores al medioambiente como son extensa ocupación de terrenos, genera impacto sobre la Fauna y la Flora, impactos visuales y efectos de sombra los cuales son menores a los que genera la producción de Energía tradicional.

5. CONCLUSIONES

Se logró establecer que el desarrollo tecnológico ha favorecido la generación de energía eólica, lo que se evidencia en el aumento significativo de la capacidad de generación en KW por cada aerogenerador, así como en el diseño y construcción de rotores con mayor tamaño y torres de mayor altura que optimizan el aprovechamiento de la energía del viento.

Actualmente, dichas tecnologías se encuentran disponibles en el mercado internacional, con una importante tendencia en los países europeos, que como España y Dinamarca tienen un gran desarrollo en sistemas de energía renovable, los cuales están disponibles en el mercado y se pueden acceder desde Colombia mediante el adecuado estudio previo, dependiendo de las características de la potencia y variabilidad del viento. Los resultados permitieron determinar que existen grandes tendencias en el uso de energía eólica en el mundo, motivado por los bajos

costos de operación y mantenimiento, que permiten una reducción significativa en los costos actuales del servicio que se presta a los hogares y empresas, dando un mejor perfil de competitividad a cada país donde se ha implementado con éxito.

Desde otro punto de vista, la energía eólica se ha presentado como una importante alternativa para solucionar los problemas medioambientales que se dan con la generación de energía por medios convencionales, ya que el uso de combustibles fósiles deteriora enormemente el medioambiente a través de la afectación de la atmósfera. En general los beneficios que se pueden obtener por medio del uso de sistemas eólicos son importantes en comparación con la inversión y los costos de operación, sumado a la toma de conciencia con el cuidado del medioambiente y con los lineamientos mundiales de uso de energías limpias y no contaminantes.

Desde el punto de vista práctico, los emplazamientos eólicos se pueden dar a gran escala como megaproyectos de energía o a pequeña escala en sectores rurales con la posibilidad de suministrar electricidad en sitios aislados y apartados de las redes tradicionales (Almonacid y Nahuelhual, 2009).

Dichos sistemas eólicos permiten la accesibilidad para cualquier tipo de usuario debido a su sencilla instalación y en el mejoramiento de la calidad de vida y equilibrio ambiental con las comunidades rurales (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006) (Nguyen, 2006). Colombia en su geografía cuenta con zonas con vientos densos que cumplen las condiciones y se encuentran aptas para implementar un parque eólico como estrategia de una fuente de energía renovable, limpia y rentable.

6. REFERENCIAS

- Almonacid, A. & Nahuelhual, L. (2009). "Estimación del potencial eólico y costos de producción de energía eólica en la costa de Valdivia, sur de Chile". Agrosur. Pág.103-109.
- Baraja, E. y Herrero, D. (2010). "Energías renovables en Castilla y León: estudio de caso". Nimbus. Pág. 21-42.
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España (2012). "Avances tecnológicos y perspectivas de la energía eólica". Recuperado de: <http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2012/pdf>
- Chinchilla, M., Arnaltes, S., & Burgos, J. C. (2006). "Control of permanent-magnet generators applied to variable-speed wind-energy systems connected to the grid". Energy Conversión, IEEE Transactions. Pág.130-135.
- Departamento de Estudios de Red Eléctrica de España. (2009). "La energía eólica como sistema de producción en las redes eléctricas". Recuperado de: <http://www.editorialrueda.es>.
- Dinero (2013). "Colombia está 'encendida' con las energías renovables". Recuperado de: <http://www.dinero.com/actualidad/nacion/articulo/colombia>.
- Espejo, C. & García, R. (2012). "La energía eólica en la producción de electricidad en España". Revista de geografía Norte Grande. Pág. 115-136. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script>.
- European Wind Energy Asociación. (2008). "Desarrollo de la energía eólica". Recuperado de: <http://www.ewea.org>
- Frolova, M. y Pérez, B. (2008). "El desarrollo de las energías renovables y el paisaje: algunas bases para la implementación de la Convención Europea del Paisaje en la Política Energética Española". Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada. Pág. 289-309.
- Galdós, R. y Madrid, F. (2009). "La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural". Investigaciones Geográficas. Pág. 93-108.
- Henderson, A., Morgan, C. & Smith, B. (2003). "Offshore Wind Energy in Europe"—A Review of the State-of-the-Art. *Wind energy*. Pág. 35-52.
- Huertas, L. & Pinilla, A. (2007). "Predicción de rendimiento de parques eólicos como herramienta de evaluación". Bogotá: Empresas Públicas de Medellín - Universidad de los Andes.
- Ingurumena. (2012). "Situación actual de la energía eólica". Recuperado de: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-situacion_c.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2006). "Manuales de energías renovables: Energía Eólica". Madrid: IDAE.
- Lecuona, A. (2002). "La energía eólica: principios básicos y tecnologías". Madrid: Leganés.
- López, M. (2009). "Apoyo público a la energía eólica en España". Revista de Derecho. Pág. 224-255. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script.es>.
- Medina, C. & Seccia, P. (2014). "Las fuentes de generación alternativas". Recuperado de: <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno03/alternativa.htm>
- Mérida, M.; Pérez, B.; Lobón, R. & Frolova, M. (2009). "Hacia la caracterización del paisaje de energías renovables". Cuenca: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Nguyen, K. (2006). "Alternatives to grid extension for rural electrificación: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam". Energy Policy. Pág. 2579-2589.

Parque Eólico Jepirachi. (2007). "*Empresas Públicas de Medellín*". Recuperado de: <http://www.eppm.com/epm/Institucional/energia/Pdf>.

Pérez, B. (2009). "*Energía eólica marina y paisaje. Un futuro incierto*". ENOVA. Energías limpias de Andalucía. Pág. 24-25.

Pérez, B.; Requejo, J. & Ballesteros, C. "*Energías renovables y paisaje: incidencia en el paisaje de parques eólicos y plantas fotovoltaicas*". V Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Madrid: Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio.

Pinilla, Á. (2008). "*El poder del viento*". Revista de Ingeniería. Pág. 64-69. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script.es>.

Polo, J., Rodríguez, J, & Sarmiento, A. (2008). "*Potencial de generación de energía a lo largo de la costa colombiana mediante el uso de corrientes inducidas por mareas*". Revista de Ingeniería. Pág. 99-105. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script.es>.

Polo, J.; Zarruk, A. & Sarmiento, A. (2006). "*Existing Technologies for the Generation of Wave and Tidal Energy*". International seminar of Environment and Sustainable Development, Bucaramanga, Colombia.

Red de desarrollo sostenible en Colombia, (2013). "*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*" Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co//contenido.Pdf>.

Rudnick, V. (2010). "*Energía eólica*". Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Sierra, E.; Coello, I. & Pérez, A. (2013). "*Calidad de la energía en redes eléctricas con penetración eólica*". Caso: Parque Eólico de Turiguanó. La Habana. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script.es>.

Soler, J. & Franco, C. (2003). "*Pronóstico de pleamares y bajamares en la Costa Pacífica colombiana año 2004*". Servicio Mareografico Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá: IDEAM, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.

