

## GENERACION EÓLICA: DESAFÍOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN Y SUSTENTABILIDAD EN VENEZUELA

Leonardo Caraballo<sup>1</sup>, Rómulo Pérez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PDVSA División Boyacá Barinas.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Vicerrectorado Barquisimeto.  
Departamento de Ingeniería Eléctrica.

[caraballola@pdvsa.com](mailto:caraballola@pdvsa.com), [rperez@unexpo.edu.ve](mailto:rperez@unexpo.edu.ve)

**RESUMEN:** La investigación consiste en mostrar avances en la implementación de energía eólica en Venezuela y su sustentabilidad en la incorporación del Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) para turbinas eólicas en Venezuela. Así, la capacidad instalada de energía eólica del mundo alcanzó 196.630 MW, de los cuales 37.642 MW fueron incrementados en el 2010 significando un crecimiento del 23,6%. Latinoamérica agregó 467 MW alcanzando una capacidad total de 1.983 MW aproximadamente. Este continente representa el 1,2% de los aerogeneradores instalados a nivel mundial. Por su parte, Venezuela posee planes para implantar generación eléctrica mediante aerogeneradores y en Los Taques Edo. Falcón están instaladas tres de las 76 maquinas que producirán 100 MW. Para las turbinas de viento un MBC en la maquinaria proporciona información de diagnóstico, en tiempo real, acerca del estado de sus diferentes subsistemas permitiendo una intervención temprana en componentes susceptibles a fallas. Uno de los componentes más críticos de la turbina eólica es la caja de engranajes responsable de alrededor del 15% al 20% de los costos de mantenimiento y de los tiempos de interrupción. Algunas técnicas de monitoreo aplicables a turbinas eólicas son análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, termografía, condiciones físicas de los materiales entre otros.

---

**Palabras Claves:** Diagnóstico, Turbinas Eólicas, monitoreo de la condición.

## WIND GENERATION: CHALLENGES FOR IMPLEMENTATION AND SUSTAINABILITY IN VENEZUELA

**ABSTRACT:** The research is to show progress in the implementation of wind power in Venezuela and its sustainability in the incorporation of Condition Based Maintenance (CBM) for wind turbines in this country. Thus the wind power installed capacity reached 196,630 MW in the world, of which 37,642 MW were increased in 2010 signifying a growth of 23.6%. Latin America added 467 MW to reach a total capacity of approximately 1,983 MW. The continent accounts for 1.2% of the wind turbines installed worldwide. Meanwhile, Venezuela has plans to implement power generation through wind turbines and Los Taques Edo. Falcon there are three of the seventy six machines that produce 100 MW. For a wind turbine machinery MBC provides diagnostic information, in real time, on the status of its various subsystems allowing early intervention components susceptible to failure. One of the most critical components of the wind turbine is gearbox and it is responsible for about 15% to 20% of maintenance costs and downtime. Some monitoring techniques applicable to wind turbines are vibration analysis, lubricant analysis, thermography, physical conditions of the materials among others.

---

**Keywords:** Diagnosis, Wind Turbines, condition monitoring.

## 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo tiene como objetivo principal mostrar los avances en la implementación de energía eólica en Venezuela y su sustentabilidad basada en sistemas de diagnóstico y monitoreo de la condición, representando la etapa inicial de la importancia que posee la incorporación del Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) para las turbinas eólicas en Venezuela, sirviendo de insumo para la elaboración de la Temática Doctoral preliminarmente titulada “Sistema para monitoreo de la condición y diagnóstico en turbinas de viento”, en el marco del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería de la UNEXPO.

Inicialmente se hace un bosquejo histórico de cómo ha evolucionado el aprovechamiento de la energía eólica en el mundo, se describe la situación latinoamericana para luego centrarnos en el caso específico Venezuela. Asimismo, se reflejan cifras actuales de la capacidad instalada a nivel mundial y el futuro posicionamiento de Venezuela, resaltando cuatro Parques Eólicos en vías de construcción, siendo el más avanzado físicamente el Parque Eólico de Paraguaná.

De este modo, se hace un esbozo de las fallas más comunes presentadas en turbinas de viento y la tendencia actual de implementación de sistemas de monitoreo de la condición y detección de fallos para mitigar los costos de mantenimiento y operación. Finalmente, se pretenden crear las bases teórico-prácticas necesarias para la introducción y desarrollo de este tipo de tecnología en Venezuela, así como sentar pautas para la introducción de una política de culturización del MBC.

## 2. METODOLOGÍA

Las actividades para efectuar la presente investigación se encuentran concebidas en el marco de revisión bibliográfica y documental. De acuerdo con [1] define este tipo de investigación como aquella que consiste en el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medio de trabajos impresos, audiovisuales o electrónicos.

La investigación obedece a un estudio de desarrollo teórico el cual consiste en la presentación de nuevas teorías, conceptualizaciones o modelos interpretativos originales del autor, a partir del análisis crítico de la información empírica y teorías existentes [1]. Así, el investigador aborda el presente estudio que según [2] “permite precisar el pensamiento propio asociado a la investigación, y la integración teórica de los principios, postulados y fundamentos de la misma”. En este sentido, el autor producirá y aportará enfoques propios acerca de los tópicos tratados en el trabajo de investigación.

Es preciso reflejar que para la materialización del presente estudio se procedió a la revisión de diversas fuentes de carácter bibliográfico y documental como libros, revistas técnicas impresas y electrónicas, trabajos de investigación y publicaciones. El material consultado se caracteriza por ser actualizado y relacionado con el eje temático que configura la investigación.

En otro orden de ideas, la investigación es de tipo no experimental y se ubica en el renglón de los trabajos investigativos longitudinales. De acuerdo con [3] “se recolectan datos a través del tiempo en puntos o períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias”.

### **3. DESARROLLO**

Dado a los continuos avances en materia de tecnología y en aras de atenuar los impactos naturales que generan las energías fósiles, el Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Hugo Chávez, precisa estrategias y políticas gubernamentales, a fin de propiciar el uso de fuentes de energías alternas, renovables y ambientalmente sostenibles; esto, en el marco del lineamiento número VI del Proyecto Nacional Simón Bolívar 2007-2013, bajo la premisa de incentivar la generación de fuentes alternas de energía; incrementar la generación de electricidad con energía no convencional y combustibles no hidrocarburos; y aplicar fuentes alternas como complemento a las redes principales y en la electrificación de zonas aisladas [4].

Una definición de sustentabilidad la ofrece [5] al señalar “son sustentables los sistemas energéticos que utilizan fuentes renovables, ya que no impactan o impactan mínimamente el ambiente. Para ser sustentables, los sistemas energéticos deben satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer las futuras, atendiendo al equilibrio social y ecológico y las necesidades de los más pobres”.

En torno al tema de energías alternativas [6] ofrece una definición “La energía alternativa o renovable es aquella que posibilita una explotación ilimitada del recurso, en virtud de que su cantidad no se reduce a medida que esta se aprovecha. Por ello, debe promoverse una mayor diversificación en la generación de la electricidad, impulsando y desarrollando tecnologías que aprovechan energía renovable, de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable del país”. Además; afirman “De las energías renovables, la eólica está considerada como una de las más prometedoras para la generación masiva de electricidad en el mediano plazo” [6].

De igual manera [7] afirma “La obtención de electricidad por medio de centrales eólicas es una alternativa para obtener energía eléctrica no contaminante, que evita daños ambientales tanto locales como transfronterizos y que al compararla con otras formas de producción de energía, tales como las centrales térmicas o las núcleo eléctricas, resulta la más cercana a la sustentabilidad”.

Con la finalidad de emprender el presente estudio, se hace necesario realizar una breve reseña histórica de cómo ha evolucionado la energía eólica en el mundo, para luego centrarnos en la situación actual de Latinoamérica y, preponderantemente, en Venezuela. Es preciso señalar que las primeras máquinas que aprovecharon el viento fueron los molinos de viento de eje vertical usados para moler granos en Persia (actualmente Irán) alrededor del 200 A.C. Los molinos de eje horizontal aparecieron en la región mediterránea alrededor del el siglo X.

Los primeros molinos de viento europeos aparecieron en el siglo XIII y tenían paletas con diámetros de hasta 25 m y salidas de energía de hasta 30 kW con vientos favorables. Fue en el siglo XIX que se construyó la primera turbina eólica para la producción de electricidad y se

atribuye su creación al estadounidense Charles Brush. Este molino tenía 17 m de alto y un rotor de 144 paletas, completamente construido de madera del cedro. Después, el danés Poul la Cour, descubrió que las turbinas de viento que rotaban rápidamente y poseían rotores con pocas paletas generaban electricidad más eficientemente [8].

Una vez descrito como aparece en escena la explotación y el usufructo de la energía eólica en el mundo, se indican a continuación las cifras más recientes, según [9] en su Reporte Anual de la Energía Eólica 2010. Así, se tiene que la capacidad instalada de energía eólica de todo el mundo alcanzó 196.630 MW, de los cuales 37.642 MW fueron incrementados en el año 2010 y significa un crecimiento del 23,6%, la tasa más baja desde el año 2004 y la segunda más baja de la década anterior. La Figura 1 muestra la Capacidad Instalada a Nivel Mundial hasta el 2010, y el avance durante el segundo semestre del año 2011 [10].

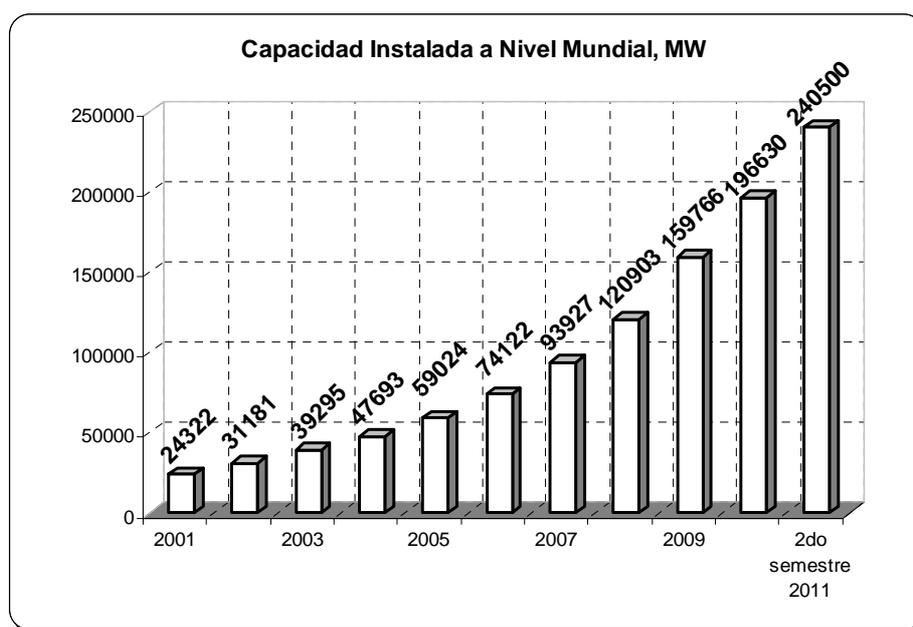


FIGURA 1. Capacidad Instalada a Nivel Mundial en MW [10]

Por otra parte, en la Figura 2 se muestra la tendencia de las nuevas instalaciones a Nivel Mundial hasta el 2010, con una proyección del año 2011. Nótese, el ligero descenso en el período 2009-2010, debido a que no hubo decisiones de alcance trascendental en las políticas nacionales o

internacionales en países con interés eólico y también, motivado a que no existe suficiente estabilidad y fiabilidad en las estructuras de mercado así como la falta de recursos financieros [9].

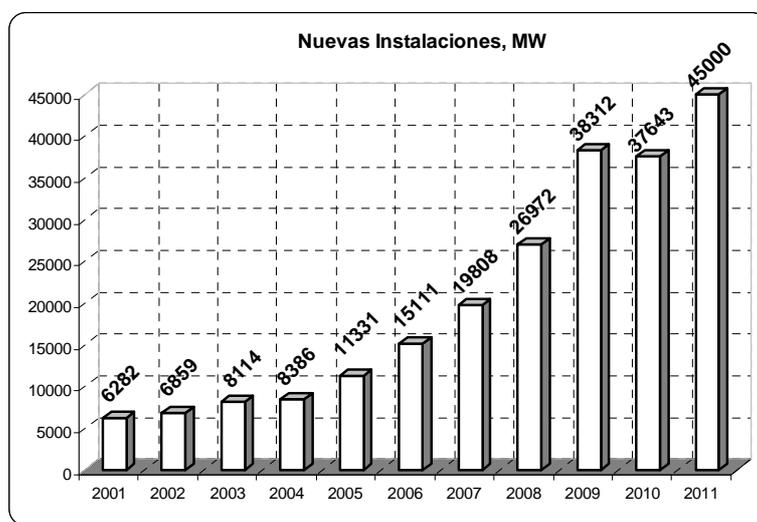


FIGURA 2. Nuevas Instalaciones en MW [9]

Por su parte, Latinoamérica crece en cuanto a capacidad de generación y agregó 467 MW, alcanzando una capacidad total de 1.983 MW aproximadamente. Este continente representa el 1,2% de los aerogeneradores instalados a nivel mundial, considerándose incipiente en el mercado eólico. En la Figura 3 se visualiza el comportamiento de Latinoamérica en relación al sector eólico.

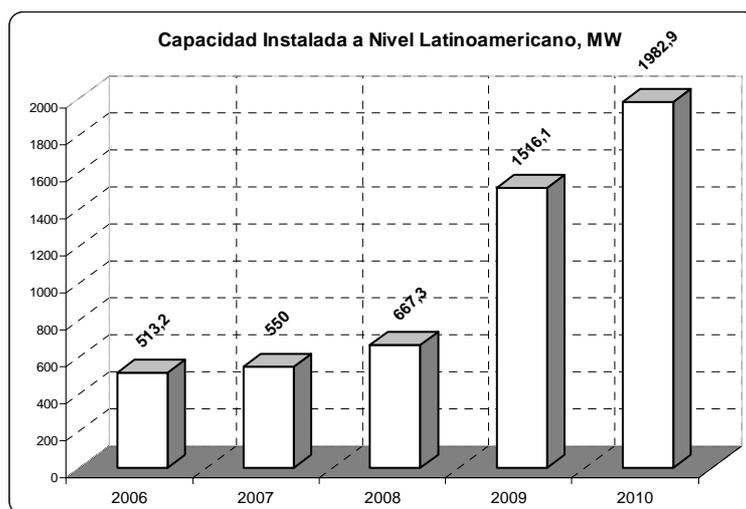


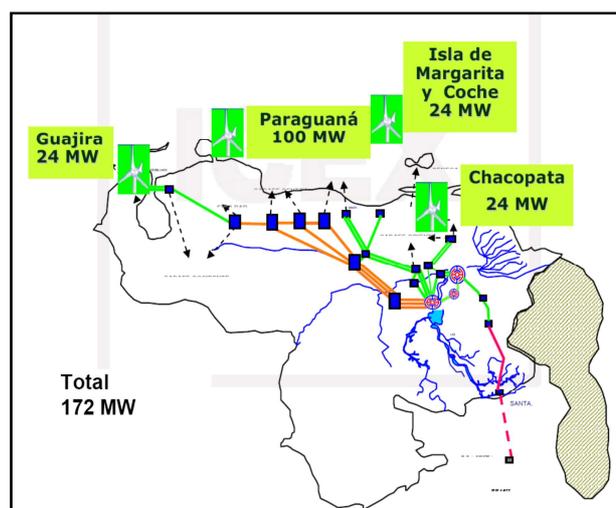
FIGURA 3. Capacidad Instalada Latinoamericana en MW [9]

En virtud de lo expresado anteriormente, la Tabla 1 exhibe el *ranking* a nivel mundial y continental de algunos países Suramericanos como parte del mercado eólico.

**TABLA 1.** Ranking a nivel mundial y continental de países Suramericanos

Ranking de Países Latinoamericanos a nivel Mundial y Continental			
Posicion Mundial	Posicion Continental	País	Capacidad MW, 2010
21	1	Brasil	920
25	2	Mexico	521
35	3	Chile	170
43	4	Argentina	54
47	5	Nicaragua	40
51	6	Uruguay	30,5
55	7	Colombia	20
58	8	Cuba	11,7
65	9	Ecuador	2,5
75	10	Peru	0,7
83	11	Bolivia	0,01
	12	Paraguay	0
	13	Venezuela	0

Si bien Venezuela se encuentra en los últimos lugares del *ranking* mundial y continental, tiene en marcha un plan acelerado para implantar sistemas de generación eléctrica mediante turbinas de viento. En este sentido, [11] señala “la energía eólica en Venezuela tiene un excelente potencial de desarrollo. Las zonas más favorables para el aprovechamiento de este tipo de energía son la insular y costera”. Los proyectos de aprovechamiento eólico planteados se localizan en Planta Eólica La Guajira, Planta Eólico-Piloto de Pueblo Nuevo y Los Taques, Planta Eólico-Piloto de Araya y Planta Eólica Nueva Esparta (ver Figura 4).



**FIGURA 4.** Zonas favorables para el aprovechamiento de energía Eólica en Venezuela [12]

Hechos recientes reflejan los avances que lleva el gobierno nacional a través de Petróleos de Venezuela (PDVSA), la cual culminó la instalación de los tres primeros aerogeneradores del Parque Eólico de Paraguaná (PEP), en el sector Amuay del municipio Los Taques, en el estado Falcón. Ya se instalaron los rotores en tres de los 76 aerogeneradores que producirán 100 MW de energía limpia, proveniente del viento, los cuales serán incorporados al Sistema Eléctrico Nacional. La empresa Gamesa Corporación Tecnológica, a través de su filial Made, se encargará del suministro de mencionados aerogeneradores modelo AE61-1.320 KW, en su versión de 60Hz [13].

Con la instalación y puesta en funcionamiento de turbinas de viento en Venezuela, se hace obligatorio incorporar y aplicar técnicas de mantenimiento propios que garanticen la máxima confiabilidad de servicio de estos dispositivos. Al respecto, [14] afirma “la confiabilidad de la turbina de viento está teniendo un efecto cada vez mayor en el comportamiento y confiabilidad del sistema eléctrico de potencia”.

En este sentido, [15] indica “en los países más desarrollados se han instalado sistemas de diagnóstico en tiempo real (SDTR) en transformadores con la finalidad de conocer de forma instantánea el estado o condición de los mismos y supervisar su funcionamiento en óptimas condiciones, de forma tal de lograr introducir un mantenimiento adecuado”. De este modo, si se implementa un monitoreo continuo de algunas variables óptimas en los aerogeneradores instalados en el PEP se podría introducir el Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) para lograr disminuir costos de operación y tiempo fuera de servicio de estos equipos.

Acerca de utilizar el MBC en aerogeneradores, [16] asevera “Un programa de monitoreo por condición de las maquinarias proporciona información de diagnóstico acerca del estado de los diferentes subsistemas de las turbinas. Esta información puede ser empleada para programar las tareas de mantenimiento o proceder a reparar antes que el problema se agrave y genere una interrupción del funcionamiento de la turbina con la correspondiente pérdida de retorno, cuando se produce un fallo catastrófico, el monitoreo por condición puede ayudar al equipo de

mantenimiento en la planificación de las acciones logísticas, buscando minimizar el costo de la reparación o el reemplazo”.

Esta premisa demuestra la importancia de la detección prematura de las fallas en este tipo de equipamiento que estará reflejado en su tiempo fuera de servicio y que impacta directamente en su confiabilidad. Esta detección se consigue a partir de la introducción de sistemas de monitoreo continuo que permiten descubrir de forma anticipada las fallas e influir directamente en los costos de operación y mantenimiento de los aerogeneradores, los cuales son del orden de 25 a 30% de la producción de energía total [13].

Al respecto, [17] manifiesta “Una manera eficiente de reducir costos sería supervisar continuamente la condición de estos sistemas. Esto permite la detección temprana de la degeneración de la condición de funcionamiento del aerogenerador, facilitando una respuesta proactiva, minimizando las salidas de operación y a su vez lograr una maximización de la productividad de la energía eléctrica”.

Con respecto a la reducción de costos mediante el uso de MBC se expresa “Una de las formas de reducir los costos del mantenimiento lo constituye la implementación del monitoreo por condición de la maquinaria (*Condition Monitoring System, CMS*), el cual es un componente esencial para poder efectuar un programa de mantenimiento efectivo, en combinación con sistemas de detección de fallos (*Fault Detection System, FDS*)” [16].

Una vez enunciado la importancia y papel que juega la energía eólica en el desarrollo actual de los sistemas electroenergéticos nacionales y el grado de confiabilidad que se exige de sus equipos por los altos costos de mantenimiento, se puede afirmar que este elemento constituye un factor crítico de su funcionamiento, ya que una baja confiabilidad afecta directamente en la cadena de retorno por concepto de aumento de los costos de operación y mantenimiento [18].

De lo anterior, reside la importancia de introducir sistemas de monitoreo y diagnóstico que permitan la detección y posible localización de fallas, para poder determinar su estado o condición [19]. El monitoreo del estado de las turbinas de viento conduce a la introducción del Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) y poder sustituir progresivamente el oneroso Mantenimiento Programado en el Tiempo (MPT) que, por lo general, es propiedad de cada fabricante. Estos, poseen sus sistemas de monitoreo en tiempo real que están integrados a sus equipos y los cuales son de obligatoria introducción; ellos pueden estar conformados desde simples sistemas de adquisición de datos hasta sofisticados equipos integrados por sistemas de adquisición y procesamiento de datos, sistemas de detección de falla, sistemas expertos, entre otros [20].

Básicamente, una turbina de viento es un dispositivo mecánico que sirve como generador de energía eléctrica aprovechando la fuerza del viento (energía cinética) y está constituido normalmente por un poste o torre, un rotor con aspas y un generador eléctrico. En la Figura 4 se muestran los componentes principales que configuran un aerogenerador.

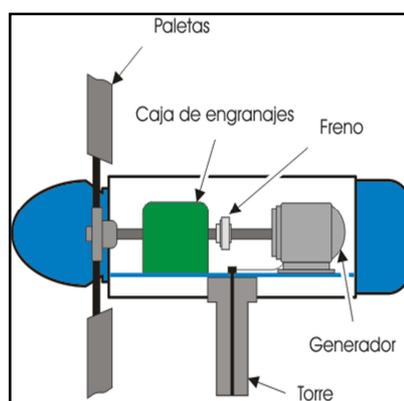


FIGURA 4. Componentes principales de un aerogenerador [8]

Conociendo los componentes de un aerogenerador se deben enfatizar algunos resultados que indican en cuales elementos ocurren las fallas más severas asociadas a los sistemas eólicos de generación. La caja de engranajes es uno de los componentes más críticos de la turbina eólica, al punto que es responsable de alrededor del 15 % al 20 % de los costos de mantenimiento y de los tiempos de interrupción por fallo [16].

Asimismo, se plantea que las técnicas de monitoreo aplicables a turbinas eólicas son: análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, termografía, condiciones físicas de los materiales, medición de tensión estructural, mediciones acústicas, efectos eléctricos, parámetros de proceso, monitoreo del *performance* y sensores de auto-diagnóstico [16].

Es importante recalcar que esta investigación se circunscribe en la temática doctoral Sistema de monitoreo de la condición y diagnóstico para turbinas de viento en Los Taques Estado Falcón, específicamente en el programa de estudios de quinto nivel denominado Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Mención Productividad dictado por la Universidad Nacional Experimental “Antonio José de Sucre” (UNEXPO).

#### 4. CONCLUSIONES

De la revisión de distinto material bibliográfico y documental, se evidencia que la energía eólica, como energía alternativa, crece vertiginosamente a nivel mundial en los últimos años. Esta investigación sirvió para realizar un bosquejo histórico desde 2001 hasta 2010 y parte del 2011, de cómo los países orientan esfuerzos para fortalecer la generación eléctrica a través de los sistemas eólicos.

América Latina representa el 1.2% de la capacidad instalada en el mundo y se considera emergente en esta materia. En el caso de Venezuela, el gobierno nacional está implementando políticas que conlleven al avance significativo de generación eléctrica mediante turbinas de viento, tal es la situación del PEP, con el cual se estima añadir 100 MW al Sistema Eléctrico Nacional.

Con base en el progreso que lleva el PEP y la pronta construcción de los tres Parques Eólicos adicionales, el estudio apunta hacia la introducción de la cultura de MBC proporcionando un monitoreo continuo que permita detectar oportunamente y en tiempo real posibles eventos/fallas en las turbinas de viento, lo que garantizaría la sustentabilidad de este tipo de energía ya que se

desarrollaría el know-how de diagnóstico por especialistas venezolanos permitiendo a su vez el incremento de su vida útil.

En la obtención de este tipo de energía no se produce alteración alguna sobre los acuíferos, no se producen gases tóxicos, no se destruye la capa de ozono ni se generan lluvias ácidas, además tiene emisión cero de gases de efecto invernadero, entre otras. Las energías alternas y renovables ofrecen unos menores impactos ambientales comparados con el uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), y dentro del conjunto de las energías renovables, el viento y el Sol son las que menos impacto ambiental ocasionan [21].

Por otra parte, este trabajo presenta la etapa inicial de una serie de artículos científicos que, progresivamente, mostrarán los avances de la importancia que posee la incorporación del MBC en las turbinas eólicas que funcionarán en Venezuela, al mismo tiempo que servirán de insumo para la sustentación y concreción de la Temática Doctoral preliminarmente titulada “Sistema para monitoreo de la condición y diagnóstico en turbinas de viento”, circunscrita en el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Mención Productividad de la UNEXPO.

## REFERENCIAS

- [1]. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales*. Cuarta Edición. Caracas, Venezuela, Editorial FEDUPEL, 2006, Pp. 20.
- [2]. Hurtado de Barrera J. *El Proyecto de Investigación: comprensión holística de la metodología y la investigación*. Sexta Edición, Caracas, Venezuela, Bogotá, Colombia. Ediciones Quirón, 2010, Pp. 60.
- [3]. Hernández R. et al. *Metodología de la Investigación*. Primera Edición. Naucalpan de Juárez. Editorial McGraw Hill, 1991, Pp. 196-197.
- [4]. Proyecto Nacional Simón Bolívar. Primer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007-2013. Venezuela.
- [5]. Horta L. *Perspectivas de Sostenibilidad Energética en los países de la Comunidad Andina*. [Electrónico]. Marzo 2005. [Consulta: 29-06-2010]. CEPAL – SERIE

- Recursos naturales e infraestructura. Publicación de las Naciones Unidas. [<http://www.cepal.org/>].
- [6]. Ramírez J. y Torres E. *Generación Limpia de Energía Eléctrica*. Reporte Técnico. Octubre-Diciembre, 2006, Cinvestav, Guadalajara, México.
- [7]. González M. et al. *Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México*, Revista Interciencia, Vol. 3, N° 4, 2006, Pp. 240-245.
- [8]. Energías Alternativas: *Turbinas Eólicas*. [Consulta: 05-11-2011]. Disponible en <http://www.textoscientificos.com/energia/turbinas>.
- [9]. [World Wind Energy Association. Reporte Anual de la Energía Eólica en el Mundo 2010. [Electrónico]. Publicado en Abril 2011. [Consulta: 05-11-2011]. Disponible en [http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010\\_e.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_e.pdf).
- [10]. World Wind Energy Association. Half Year Report 2011. [Electrónico]. Publicado en Junio 2011. [Consulta: 05-11-2011]. Disponible en
- [11]. [http://www.wwindea.org/home/images/stories/publications/half\\_year\\_report\\_2011\\_wwea.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/publications/half_year_report_2011_wwea.pdf)
- [12]. Fraile R. *El Mercado de las Energías Renovables en Venezuela. Notas sectoriales*. Instituto Español de Comercio Exterior, 2009.
- [13]. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Caracas. Dirección de Planificación y Economía de la Energía. Desarrollo del Servicio Eléctrico Nacional, Fuentes Alternas Renovables y Zonas Aisladas, 2009.
- [14]. Correo del Orinoco La artillería del Pensamiento (Periódico electrónico). Pdvsá instaló los tres primeros aerogeneradores del Parque Eólico de Paraguaná. Publicado en Pagina Web el 03-05-2011 [Consulta: 05-11-2011]. <http://www.correodelorinoco.gob.ve/regiones>.
- [15]. Aziz, Muthanna A. Noura, Hassan Fardoun, Abbas. *General review of fault diagnostic in wind turbines, Control & Automation (MED)*. 18th Mediterranean Conference on, Marruecos, 2010, 5 p.
- [16]. Pérez, R., Matos, E. y Fernández, S. *Identificación y validación del modelo no lineal de la temperatura del aceite superior de transformadores de potencia*

- aplicando algoritmos genéticos*, Revista Universidad Ciencia y Tecnología. Vol.13, N° 53, 2009, Pp. 277-286.
- [17]. Hernández F. et al. *Sistema de bajo costo para el monitoreo por condición a aplicar en parques eólicos*. Revista Ingeniería Energética, Vol. XXXII, No. 1/2011 Enero – Marzo, Pp. 62-72.
- [18]. Amirat, Y, Bensaker, M.E.H., Wamkeue, R. *Condition Monitoring and fault Diagnosis in Wind Energy Conversion Systems: A Review*, Electric Machines & Drives Conference, IEMDC '07. IEEE International, Turquía, 2007, 8 p.
- [19]. Bin Lu, Yaoyu Li, Xin Wu, Zhongzhou Yang. *A review of recent advances in wind turbine condition monitoring and fault diagnosis*, Power Electronics and Machines in Wind Applications. PEMWA 2009. IEEE, Lincoln, Estados Unidos de Norteamérica, 2009, 2 p.
- [20]. Amirat, Y., Choqueuse, V., Benbouzid, M. *Condition monitoring of wind turbines based on amplitude demodulation*, Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). IEEE, Atlanta, Estados Unidos de Norteamérica, 2010, 4 p.
- [21]. Wenxiu Lu Fulei Chu. *Condition monitoring and fault diagnostics of wind turbines*, Prognostics and Health Management Conference. PHM '10, Macao, 2010, Pp. 1.
- [22]. Henestroza R. *Centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec; su impacto ambiental y socioeconómico*. Revista Elementos, Vol. 16, N° 74, Abril-Junio 2009, Pp. 39-44.