

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Desarrollo de aplicaciones informáticas
Recibido: 7/03/2014 | Aceptado: 5/06/2014

Sistema de Información para el Análisis de Datos del Viento

Information System for the Analysis of Wind Data

MSc. Edgar Nuñez Torres ^{1*}, MSc. Roiky Rodríguez Noa¹, Ing. Adrian Pierra Fuentes ², Ing. Oscar Reyes Pérez ¹

¹ Departamento Informática. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. Avenida Calixto García Iñiguez No. 15 entre Avenida 7 de Diciembre y Calle Reynaldo Laffita Rueda, Reparto Caribe, Moa, Holguín. [\[rrnoa,oreyes}@ismm.edu.cu](mailto:{rrnoa,oreyes}@ismm.edu.cu)

² Centro de Información Científico Técnica. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. Avenida Calixto García Iñiguez No. 15 entre Avenida 7 de Diciembre y Calle Reynaldo Laffita Rueda, Reparto Caribe, Moa, Holguín. apierraf@ismm.edu.cu

* Autor para correspondencia: enunez@ismm.edu.cu

Resumen

Dentro del esfuerzo mundial que se realiza por encontrar fuentes de energía alternativas a la obtenida a partir de los combustibles fósiles, capaces de cubrir la demanda creciente de la población y que a su vez contribuyan con el desarrollo sostenible de los países, la energía eólica ha despuntado como una de las principales. En Cuba la instalación de aerogeneradores ha permitido la utilización de este tipo de energía, pero además ha potenciado los estudios en el aprovechamiento eficiente de la misma. En este contexto es muy demandado por investigadores, los datos registrados por las estaciones meteorológicas móviles que monitorean los parámetros de viento (velocidad y dirección). Esto plantea la problemática de garantizar la disponibilidad y fiabilidad de estos datos, así como la interpretación de la información que se puede extraer de ellos. Esta investigación describe una aplicación informática, que permite darle solución a la problemática anterior, para el desarrollo de la misma se utilizó la metodología OpenUP y por las características donde se va a desplegar el sistema se utilizó una distribución “The Broker”, esto determinó la utilización de tecnologías y herramientas para la construcción de una aplicación intermedia, ejecutada en un ambiente de escritorio y una aplicación web para la divulgación de los parámetros de viento y gráficos representativos de la información contenida en dichos parámetros para un mejor análisis de los mismos.

Palabras clave: Análisis de datos, Energía Eólica, Sistema de Información.

Abstract

Among the global effort made to find alternative sources other than the ones obtained from fossil fuels, able to cover the growing demand of the population, and at the same time contribute to the sustainable development of countries, wind energy has excelled as a top. In Cuba, the installation of wind turbines has allowed the use of this type of energy, but also it has promoted studies on its efficient use. In this context, it is highly demanded by researchers, the data registered by mobile weather stations that monitor wind parameters (speed and direction). This expresses the problem of ensuring the availability and reliability of these data and the interpretation of the information that can be extracted from them. This research describes a software application that gives solution to the previous problem. The OpenUP methodology was used and because of the characteristics where the system is going to be deployed The Broker distribution was used. All of this determined the use of technologies and tools for the construction of an intermediate application, carried out on a desktop environment and a web application for disclosure the wind parameters and representative graphics of the information contained in those parameters for a better analysis of them.

Keywords: Data Analysis, Information System, Wind Energy.

Introducción

El uso de los combustibles fósiles y el agotamiento acelerado de estos recursos son dos tendencias que influyen negativamente en las características socioeconómicas de los países. Lo que provoca altos índices de contaminación ambiental y pone en alerta a las organizaciones energéticas mundiales. Por otra parte el uso de las fuentes de energías renovables es una actividad avalada por excelentes resultados y con un impacto positivo en el cuidado del medio ambiente. Las fuentes renovables solucionarán muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica. Las mismas se han clasificado en cinco grupos principales: geotérmica, solar, eólica, biomasa, hidráulica. Para satisfacer la demanda de electricidad hay que buscar nuevas fuentes de energía que produzcan un menor impacto ambiental y utilizar de manera eficiente las ya conocidas implementando políticas racionales de ahorro energético que disminuyan las exigencias para los sistemas de generación (Gámez, *et al.*, 2007). Esta investigación se detendrá a considerar la energía eólica por ser fuente de energía renovable no erosiva al medioambiente en vía de desarrollo.

El viento es el resultado del flujo de aire entre zonas con presiones de aire distintas, que se calientan debido a la incidencia de radiación solar, así, la energía eólica es energía solar convertida en energía eólica (Agencia Andaluza de la Energía, 2011).

La energía eólica es una variante de la energía solar, pues se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades de relieve de la superficie terrestre. La energía eólica podría proporcionar cinco veces más electricidad que el total consumido en todo el mundo, sin afectar a las zonas con mayor valor ambiental. La energía eólica no contamina y su impacto ambiental es muy pequeño comparado con otras fuentes energéticas. De ahí la necesidad de acelerar su implantación en todas las localizaciones favorables, aunque procurando reducir las posibles repercusiones negativas, especialmente en las aves y en el paisaje, en algunas localizaciones (Santamarta, 2004).

Antes de proceder a implantar un parque eólico en un lugar, generalmente, se realizan estudios de modelación y simulación del potencial eólico disponible, producción anual de energía que se espera generar y del impacto ambiental. Todo esto, con el fin de estimar, por un lado, una zona propicia para su instalación y por otro, su viabilidad económica. Los impactos ambientales relacionados con el uso de la energía eólica han tenido, tienen y tendrán, más aún en el futuro, una importancia crucial para su desarrollo. Los impactos positivos de esta fuente renovable constituyen uno de los pilares que justifican la apuesta por esta.

La energía eólica tiene muchas facetas ambientales positivas, ejemplo de esto podemos decir que es limpia, renovable y un medio de generación sustentable. La energía eólica ofrece una de las opciones energéticas más económicas entre las nuevas fuentes renovables de energías para reducir la emisión de CO₂. El empleo de la energía eólica genera un ahorro en el uso de las reservas de combustible fósiles en general, un aporte al uso racional de la energía y en particular para muchos países un ahorro de divisas, contribuyendo a la seguridad y a la diversidad en el suministro de energía. La energía eólica ayuda a las economías, en particular a las locales, en varios aspectos importantes. En las áreas y comunidades donde se localizan las centrales eólicas se generan puestos de trabajo, mayores ingresos y hay un aporte al desarrollo regional para la generación de electricidad (Moragues, *et al.*, 2004).

Se espera que la energía eólica juegue un papel cada vez más importante en el escenario energético internacional futuro. Los expertos predicen que esta tecnología podría abarcar el 5 % del mercado energético mundial para el 2020 (Joselin, 2007). Según el programa de desarrollo, Cuba pretende generar hacia el 2030 al menos el 10 por ciento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, para lo cual lleva a cabo proyectos inversionistas (ACN, 2013). Según (Pinilla, 1997) la evaluación del potencial energético eólico de una zona, es una labor que requiere tiempo además de recursos económicos para realizarse adecuadamente. Es necesario coleccionar datos meteorológicos por lo menos durante un año, si se desea realizar una prospección con cierto grado de certidumbre. Actualmente continúan

los estudios en las zonas de mayor potencial eólico del territorio cubano para instalar nuevos dispositivos y recuperar los que no se encuentran en uso. Para esto se avanza rápidamente en los estudios previos de prospección del viento para conocer su real potencialidad, así como en la instalación de parques eólicos para probar en una escala limitada las más importantes tecnologías de aerogeneradores que hoy se conocen.

Las fases fundamentales para el desarrollo de un proyecto eólico son las siguientes (Isaac, 2011): Identificación, Medición, Evaluación del recurso eólico, Ingeniería y proyectos, Estudio de impacto ambiental, Construcción del parque y Explotación. Esta investigación se centra en la 3ra fase de las presentadas anteriormente. En la misma se realiza la recopilación y análisis de datos para determinar si es rentable o no la construcción de un parque eólico según los parámetros obtenidos en la medición del potencial del viento en una zona determinada.

El paso previo para la instalación de un aerogenerador o un grupo de ellos consiste en la evaluación de los recursos eólicos de la zona. Para poder evaluar los recursos eólicos de un área geográfica hay que realizar mediciones continuas de la velocidad y dirección del viento para saber si es apta para la instalación de aeroturbinas.

En nuestro país se han instalados varios parques eólicos como son: Turiguanó, provincia de Ciego de Ávila, Los Canarreos en el Municipio Isla de la juventud, Gibara 1 y 2, provincia de Holguín y Herradura 1 en la provincia Las Tunas. Para la instalación de estos parques se requirió una medición continua, para obtener los datos de los parámetros velocidad y dirección del viento, que permitió conformar la información de su comportamiento en estas zonas.

Existen varios software para estimar el potencial eólico de una región o país. Los más conocidos son el *WASP*, *WindPRO*, *Homer*, *LabView*, *Sipreólico* y *WindFarmer*. De manera general estos software permiten la realización de cálculos a partir de las ecuaciones de movimiento de un fluido de viento dentro de la capa límite y además de realizar la extrapolación del mismo considerando características fundamentales. También generan un hipotético viento sin perturbaciones donde el programa puede calcular el viento estimado en un determinado emplazamiento con determinada rugosidad, obstáculos y relieve. Estas aplicaciones requieren un alto costo de adquisición y despliegue de las TIC asociados a estos, además de una preparación profesional para el manejo del software, esto provoca un bajo nivel de adaptación, por lo que su inversión sólo se justifica para grandes instalaciones. Otras de las desventajas que presentan los mismos es que generalmente son de código cerrados. También se puede decir que estos software no garantizan el almacenamiento de los datos, además de que no muestran la información que los mismos representan en cualquier momento que algún usuario interesado en el tema lo requiera, ya que cuando se realiza una evaluación del recurso eólico se trabaja con los datos de las zonas de estudio y una vez concluida con la misma no se guarda esa información para una posible comparación con otras evaluaciones.

Debido a esta problemática se propone como objetivo general desarrollar un sistema de información que favorezca la disponibilidad y fiabilidad de los parámetros del viento y ayude en la evaluación de este recurso.

Materiales y métodos

La forma en que los datos y la información llegan a las personas, ha sido muy influenciada por el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y particularmente su aplicación en los Sistemas de Gestión de Información (SGI). En los SGI del comportamiento del viento se pueden identificar como elementos fundamentales que lo componen: datos, información que se obtiene a partir de estos datos y la vía en que esa información llega a los usuarios. Partiendo de esto se puede describir como las TIC pueden favorecer este sistema.

En primer lugar, los Sistemas de Gestión de Bases de Datos han permitido manejar de manera clara, sencilla y ordenada un conjunto de datos que posteriormente se convertirán en información relevante para los usuarios. En segundo lugar el desarrollo de las tecnologías para la construcción de aplicaciones web como una vía para distribuir información a miles de usuarios potenciales. Estas aplicaciones pueden contener elementos que permiten la comunicación activa entre los usuarios y la información, mediante la respuesta a acciones que los usuarios pueden realizar como tabular, listar y graficar datos.

Para hacer la recogida de los parámetros del viento, usados para determinar el potencial eólico, se cuenta con un sistema móvil compuesto por cuatro estaciones anemométricas. A las mismas se le realizan mediciones diurnas y nocturnas ininterrumpidamente, promediando un valor de velocidad (m/s) cada diez minutos, con anemómetro de Cazoleta de Robinson, ubicado a tres niveles de altura, 10, 30 y 50 metros. Además tienen instalada en la torre de medición un rumbómetro, permitiendo medir la dirección del flujo de viento. A estas estaciones anemométricas está conectado un registrador de datos (en inglés: *data logger*), que conserva en su memoria las lecturas automáticas de varios días, hasta su recogida y envío manual o teletransmisión a centros de colección, registro y análisis definitivos. Estas lecturas son registradas en hojas de cálculo de Microsoft Excel, en archivos *.csv* o *.txt*.

Esto trae consigo un procesamiento manual de datos mediante archivos *.csv*, *.txt*, hojas de cálculo de MS Excel, que la captura de los datos no esté estandarizada, que no se cuenta con histórico de los datos de cada estación anemométrica, por lo que existe dificultad en el momento de brindar información oportuna cada vez que se requiera de la misma. No obstante podemos decir que hasta aquí se ha logrado un paso importante en el conocimiento del comportamiento del viento en las zonas de estudio, pues con los datos arrojados por estas estaciones se logra almacenar un conjunto representativo de datos. Para lograr la meta de convertir estos datos en información es necesario organizarlos y representarlos de forma tal que adquieran un sentido informativo para su posterior análisis.

Dadas las características tan dispersas y aleatorias de la energía eólica, es obvio que la única manera de estudiar si un área es adecuada o no, es utilizando métodos de análisis de datos. El resultado de estos métodos se muestra mediante la rosa de los vientos e histogramas de frecuencia y serie.

Rosa de los vientos: es esencial para determinar el emplazamiento de la instalación.

- **Rosa de los vientos de procedencia:** su utilidad principal radica en que proporciona la dirección o direcciones principales con su frecuencia en un diagrama circular permitiendo así ubicar el aerogenerador en el sitio idóneo.
- **Rosa de los vientos de potencia:** muestra las direcciones principales de máxima potencia.
- **Histogramas de frecuencia:** muestra en qué dirección hay mayor incidencia del viento.
- **Histograma de serie:** representa los valores medios de velocidad por meses.

Debido a estas limitantes se propone un sistema de información. El término “sistemas de información” tiene muchas acepciones, las cuales han sido presentadas por distintos autores de la materia. Una de estas es por ejemplo: “un conjunto de componentes interrelacionados que colaboran para reunir, procesar, almacenar, y distribuir información que apoya la toma de decisiones, la coordinación, el control, el análisis y la visualización en una organización”. (Laudon, *et al.*, 2002).

Para la implementación de este sistema se usó una arquitectura basada en el patrón “*The broker*”. El patrón arquitectónico *The Broker* puede usarse para estructurar sistemas de software distribuidos con componentes desacoplados que interactúan por invocaciones de servicios remotos (Tanenbaum, 2002). El patrón *Broker* reduce la complejidad en el desarrollo de aplicaciones distribuidas porque hace que la distribución sea transparente al desarrollador, mediante la introducción de un modelo de objetos en el que los servicios distribuidos se encapsulan en objetos. Por lo tanto, los sistemas *Broker* ofrecen una ruta para la integración de dos tecnologías: distribución y objetos. Asimismo, los sistemas *Broker* extienden los modelos de objetos desde aplicaciones individuales hasta aplicaciones distribuidas que constan de componentes desacoplados que pueden ejecutarse en máquinas heterogéneas, y que pueden escribirse en lenguajes de programación diferentes (Buschmann, *et al.*, 1996). Una aplicación distribuida es una aplicación con distintos componentes que se ejecutan separados, normalmente en diferentes plataformas conectadas, donde la distribución se refiere a la construcción de software por partes, a las cuales le son asignadas un conjunto específico de responsabilidades dentro de un sistema (Carbajal, 2013).

Esta arquitectura permitió dividir el sistema en dos subsistemas: un subsistema intermedio encargado de registrar los datos tomados de los equipos de medición en una base de datos y un subsistema de usuario que es el encargado de visualizar los datos mediante gráficos y tablas. Para la implementación de los dos subsistemas se decidió utilizar entornos de ejecución diferentes; el subsistema intermedio que se ejecuta en un ambiente de escritorio y el subsistema de usuario en un ambiente web. Esta decisión está fundamentada en los siguientes criterios:

- Disponibilidad: la representación de los datos por medio de gráficos y tablas estén disponibles para cualquier usuario (aplicación Web).
- Seguridad: proteger la información de las amenazas que pueden ser causadas al estar expuesta a un gran número de usuarios (aplicación de Escritorio).
- Actualización: los cambios realizados en la visualización de los datos debe beneficiar a todos los usuarios (aplicación Web)
- Tiempo de desarrollo: ahorro de tiempo en la implementación de funcionalidades que garantizan la seguridad de los datos (aplicación de Escritorio).

Para el desarrollo de un proyecto es necesario realizar una investigación acerca de los elementos tecnológicos, necesarios para el desarrollo del sistema informático. Se determina que se utilizará para el desarrollo del sistema las siguientes herramientas: como lenguaje de programación: java y php, como gestor de base de datos: MySQL 5.1.41, como framework para el desarrollo de aplicaciones web: Ext JS 4.2, entornos de desarrollo integrados: NetBeans 7.3 y JetBrains WebStorm 5.0.3.

Resultados y discusión

Según (Saura, *et al.*, 2002) en el mundo se realizan prospecciones tanto globales como locales. La propuesta de solución que se está presentando en esta investigación se basa en los estudios de prospección a nivel local.

Una de las zonas prospectadas en el Mapa Eólico de Cuba, confeccionado en el 2005 es el norte del municipio Moa ubicado en la provincia de Holguín. El objetivo de esta zona prospectada es detectar las áreas más idóneas para el aprovechamiento del viento en la industria energética.

Para la elaboración de la herramienta que se propone, se utilizaron los datos generados por una de las estaciones de monitoreo ubicadas al noroeste del municipio de Moa. La misma poseía series largas de datos de velocidades y dirección de viento que abarcaban períodos de 4 años, midiendo la velocidad a 10, 30 y 50 m de altura con una frecuencia de muestreo de 10 minutos.

Los datos obtenidos por estas estaciones, se encuentran en forma de reportes con la siguiente estructura:

Tabla 1. Estructura de los datos

Loggername	date_____	time_____	s1a[m/s]	s1x[m/s]	s1i[m/s]	s1s[m/s]
HLG_-_1122_-_52	01/02/2008	0:00:00	1,8	2,7	1,1	0,3

Continuación:

s2a[m/s]	s2x[m/s]	s2i[m/s]	s2s[m/s]	s3a[m/s]	s3x[m/s]	s3i[m/s]	s3s[m/s]	d1a[°]	[-1=error]	[ser.no.]
1,4	3	0,3	0,5	1,2	2,2	0,4	0,4	225		C060323

Donde la columna 1 es un indicador de la fuente de datos, la columna 2 indica la fecha y la columna 3 la hora de la medición.

- Las columnas 4, 5, 6 y 7 indican respectivamente la velocidad media, la velocidad máxima, velocidad mínima y la desviación estándar de la velocidad en el período de 10 minutos y para la altura de 50 metros;
- las columnas 8, 9, 10 y 11 indican lo mismo que la 4, 5, 6 y 7 respectivamente, para 30 metros de altura,
- análogamente las columnas 12, 13, 14 y 15 lo indican para 10 metros de altura.
- La columna 13 representa la dirección del viento dada en grados sexagesimales,
- la columna 16 la existencia de algún error en la medición y
- la columna 17 informa el número de serie de la medición.

Los datos son matrices que contienen las 17 columnas descritas anteriormente y 144 filas que se corresponden con el total de intervalos de 10 minutos que contiene un día completo de medición, estas se multiplican por la cantidad de días que trae el mes y conforman todas las mediciones cada 10 minutos en un mes completo.

El sistema de información para el análisis de los datos del viento realiza el procesamiento de la información de entrada a través de los ficheros arrojados por las estaciones anemométricas que contienen la información descrita anteriormente, permitiendo que se puedan realizar estudios que garanticen con su análisis a la interpretación de los mismos, dichos estudios se refieren al comportamiento del viento para su posterior evaluación. Para solicitar estos ficheros, el sistema desarrollado posee un subsistema intermedio el cual se encarga del acceso a un diálogo que permite seleccionar el archivo .csv del período que se desea evaluar. El resultado del proceso que es en sí la obtención del análisis del viento se observa por medio de editores gráficos cuyo contenido aparece por pantalla para cada una de las opciones que se muestran en el llamado menú Gráficas del sistema de representación de datos.

A continuación se presentan algunas de las funcionalidades que brinda el sistema de información de análisis del viento desarrollado, dividido en los dos subsistema que se implementaron tomando los datos pertenecientes al año 2007, ya que para los demás es el mismo procedimiento.

El subsistema intermedio posee dos menús desplegables donde uno es para la configuración de la base de datos y el otro para la carga de los datos.

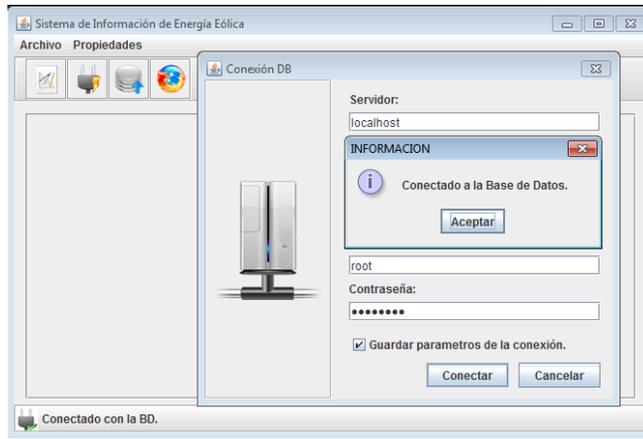


Figura 1. Conexión a la base de datos.

Una vez conectado a la base de datos los especialistas encargados de realizar los estudios sobre el potencial eólico de una zona lo primero que deben de hacer es completar algunos datos en los ficheros arrojados por las estaciones móviles ya que los mismos no cuentan en su estructura con la altura de las mediciones. Para eso el subsistema intermedio localiza en un directorio el fichero y luego se le asignan las 3 alturas a las q se realizan las mediciones. Una vez completados los datos con las alturas correspondientes a cada medición, se proceden a almacenar en la base de datos del sistema. Las figuras 2 y 3 muestran lo planteado anteriormente.

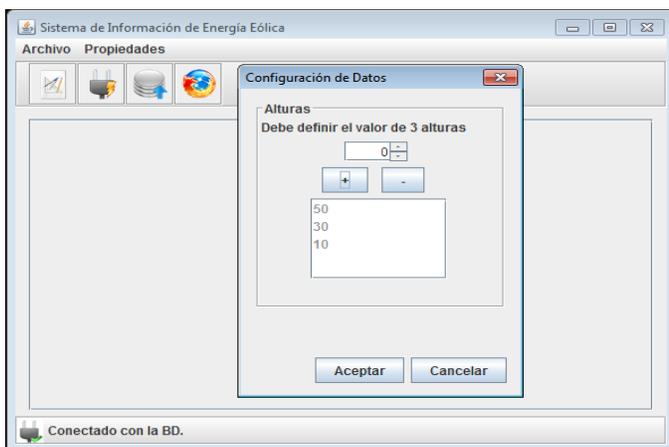


Figura 2. Completamiento de datos faltantes.

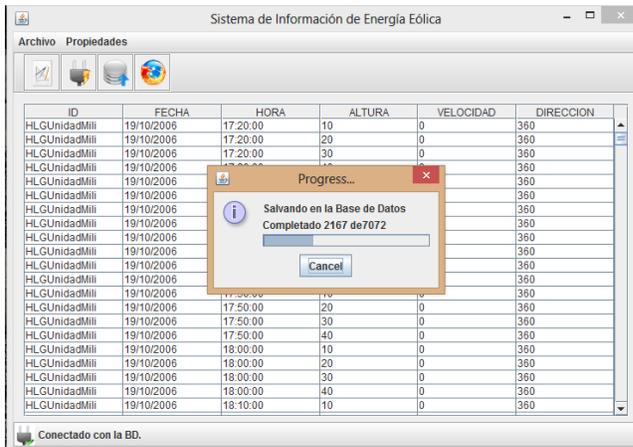


Figura 3. Carga de los datos a la base de datos.

El subsistema de representación de datos presenta 3 módulos de información. En el módulo de la izquierda podemos observar todas las mediciones que están almacenadas según la fecha y el lugar de estudio. Según lo seleccionado en el

1er módulo se muestra en el módulo del centro la información referente al mismo. En el módulo de la derecha se puede seleccionar la forma en que se desea visualizar los datos que necesitan ser analizar para interpretarlos y dar las consideraciones pertinentes. La figura 4 muestra los módulos a lo que se hace referencia anteriormente.

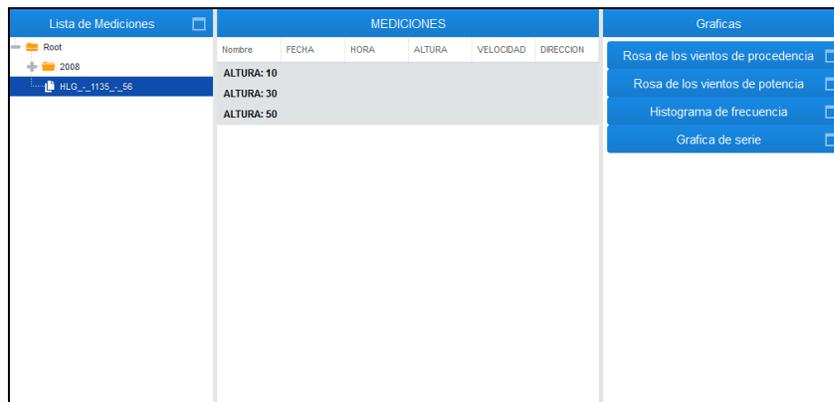


Figura 4. Sistema de representación de datos vía web.

La dirección del viento se codifica comúnmente en 16 rumbos tal y como se muestra en las figuras 5 y 6. También suele expresarse la dirección del viento por cuadrantes de la manera siguiente: el primer cuadrante, entre 0° y 90° , el segundo cuadrante, entre 90° y 180° , el tercer cuadrante, entre 180° y 270° , y el cuarto cuadrante, entre 270° y 360° .

El movimiento del viento es un fenómeno aleatorio y su investigación acertada parte del estudio de las condiciones locales. Esta premisa es muy importante porque en la orografía montañosa es un factor que incide notablemente en el comportamiento de la eólica. (Lamorú, *et al.*, 2012)

Uno de los objetivos de este trabajo es analizar los parámetros del viento para eso se obtienen gráficos de velocidad y dirección del viento, para estudiar el comportamiento de esta variable medioambiental. Muchas veces cuando se realizan estudios de determinados datos, no es fácil comprender lo que expresan, si se tiene una graficación de su comportamiento, se podrá comprender el fenómeno que representan.

La figura 5 muestra el gráfico de rosa de los vientos de procedencia de la velocidad promedio en el año 2007 a una altura de 10, 30 y 50 metros. Estos valores corresponden a clases de velocidad moderada en adelante, lo que evidencia un buen comportamiento del viento. Como se puede observar en el gráfico de las rosas de los vientos de procedencia mostrado anteriormente se puede decir que estos estudios experimentales en esta región, evidencian un promisorio régimen de vientos como consecuencia de la presencia del Anticiclón del Atlántico y la superposición de otros eventos meteorológicos favorables. Según la información que nos brindan estos datos arrojados es que la mayor incidencia de estos vientos sobre Moa es con dirección predominante del Norte al Noreste. Resultado de estas

condiciones, se origina un organizado sistema local de brisas que se superpone al régimen de vientos de escala regional. De manera general, para cualquier gráfico de velocidad que se obtenga, se puede averiguar en qué medida se puede aprovechar el potencial eólico.

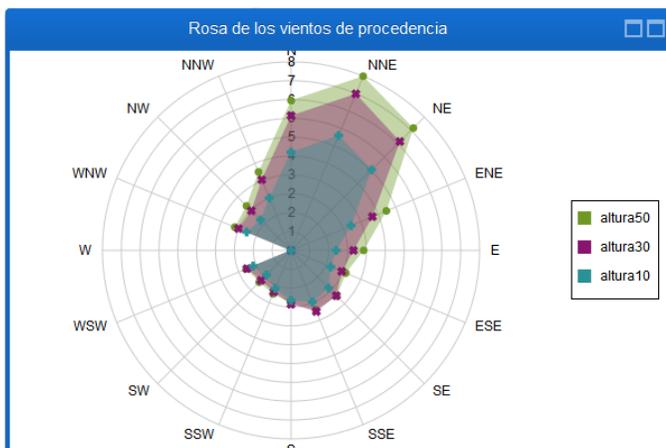


Figura 5. Rosa de los vientos de procedencia 2007.

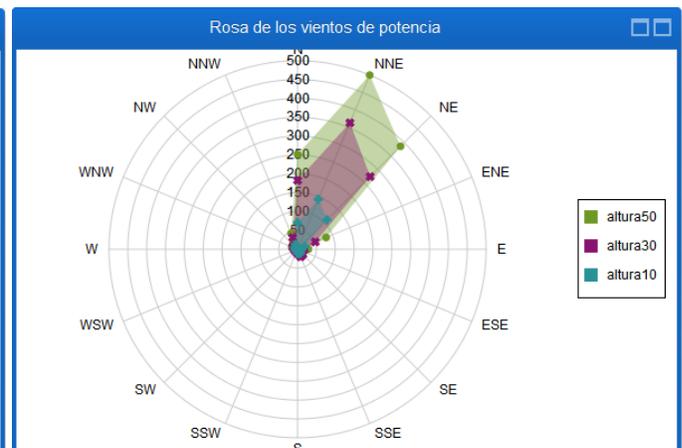


Figura 6. Rosa de los vientos de potencia de 2007.

La Figura 6 muestra la zona con un potencial entre 200 y 500 W/m², con el estudio realizado a los datos de la estación móvil en estudio, en el año 2007, a las alturas de 10, 30 y 50 metros, lo que es muy apropiado en el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica. Además significa que en el punto cardinal norte noreste aumenta el porcentaje del paso de los vientos. Esto corrobora el resultado expuesto en el Mapa Eólico de Holguín.

La Figura 7 muestra un gráfico de serie de las variaciones estacionales donde se puede observar que los meses de mayor velocidad son los de junio y julio. Refleja que en esos meses de mayor velocidad es donde hay mayor entrega de energía mientras que los meses de septiembre y octubre son los de diseño crítico, es decir, meses de menor energía eólica disponible.

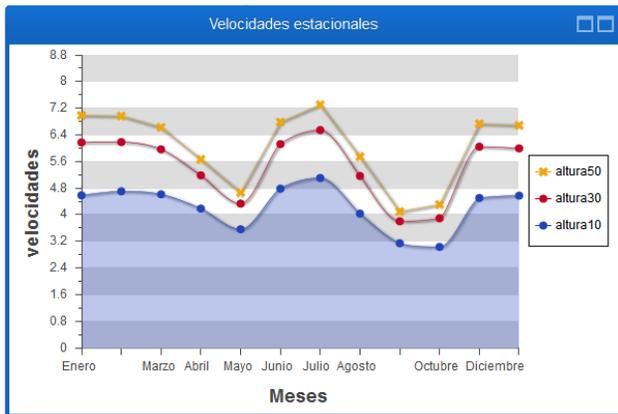


Figura 7. Histograma de serie de velocidad mensual.

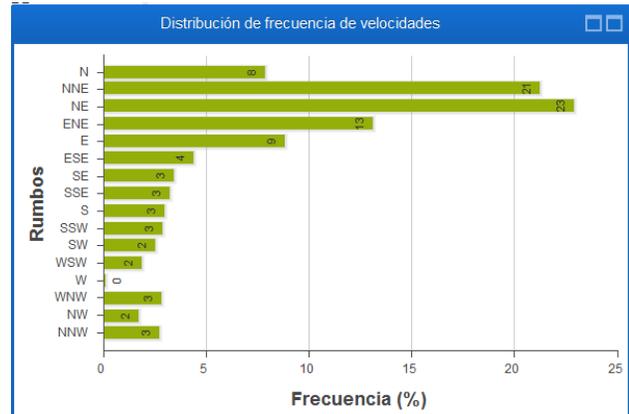


Figura 8. Histograma de frecuencia de velocidad promedio.

El estudio realizado a los datos de la estación anemométrica en estudio en el año 2007, refleja que la dirección del viento se mantuvo un 21% rumbo norte noreste y un 23% rumbo noreste. Esta información permitirá situar los aerogeneradores en la posición óptima para que las turbinas transformen la energía.

Este resultado es de vital importancia para la futura implantación de parque eólico, ya que conociendo este resultado se puede saber en qué posición se pueden situar los distintos aerogeneradores ya que puede darse el caso que un período sea bueno para el aprovechamiento del potencial eólico, mientras que otro se destine al mantenimiento de las turbinas eólicas.

Impacto de la propuesta de solución

Cuando un sistema informático se implanta, éste repercute de forma positiva y/o negativa en los usuarios finales, por lo que es necesario efectuar el análisis de su impacto en las dimensiones administrativas, socio-humanistas, ambientales y tecnológicas, según plantea (Concepción, *et al.*, 2010) para contribuir al desarrollo sostenible del producto informático. Se ha afirmado con frecuencia que las nuevas tecnologías informáticas tendrán un impacto económico tan fuerte como el de la revolución industrial, de hecho, gracias a los progresos de las tecnologías informáticas y de las comunicaciones, el modo en que los directivos gestionan la información en sus empresas ha cambiado completamente, pasando de los informes impresos al uso de programas informáticos que les ofrezcan la información que precisan.

Los beneficios inmediatos por lo general son los siguientes:

- Ahorro de tiempo en la atención, realización y búsqueda de los estudios de los parámetros del viento.

- Mayor información visual relacionada con la prospección eólica, lo que implica mayor seguridad y confiabilidad mejorando así la calidad de la misma, por lo que los usuarios pueden analizar los datos en todo momento que lo requieran.
- Los recursos para su desarrollo son mínimos ya que se realizó con los disponibles y las tecnologías sobre las que funciona están basadas en software libre.
- Los investigadores ya cuentan con un sistema capaz de guardar grandes volúmenes de datos de forma segura, eliminando los inconvenientes asociados a la pérdida y acumulación excesiva.

Conclusiones

Se realizó un estudio de las fuentes renovables, ya que el sistema es un gestor de la información de mediciones del viento, siendo la eólica una de las principales fuentes de energía alternativa que debe ir resolviendo de manera paulatina, el problema de generación de energía eléctrica en el territorio nacional.

Se desarrolló un sistema informático compuesto por dos subsistemas sobre la base de un entorno web y otro de escritorio, explotando las potencialidades de cada uno. Este sistema informático es capaz de gestionar información de los parámetros de viento que se utilizan en el estudio de evaluación del recurso eólico de una zona determinada, mediante la utilización de tecnologías de avanzada, en pos de sustituir los excesivos esfuerzos humanos y a la vez, impulsar el desarrollo económico y social de nuestro país.

Con la implementación de las opciones de graficación, se logra analizar una de las variables medioambientales, como el viento, a través de los gráficos de dirección y velocidad del viento, constituyendo esto un paso inicial dentro del proceso de caracterización del potencial eólico de una región. Para el caso de los datos estudiados, se logró corroborar el estudio global reflejado en el Mapa Eólico de Cuba, demostrándose así las excelentes condiciones eólicas de la región de Moa, situada en el nordeste de la provincia de Holguín.

Referencias

- ACN. *Cuba promueve el uso de la energía eólica*. [En línea] Agencia Cubana de Noticias. 2013. Disponible en: [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] http://www.ain.cu/2013/agosto/09aem_energia_eolica.htm.
- AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA. *Energía Eólica. Guía Técnica*. [En línea] 2011. [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] Disponible en: http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/guia_tecnica_energia_minieolica.pdf.

- BUSCHMANN, *et al.* *A System of Patterns -Pattern Oriented Software Architecture*. John Wiley & Sons. 1996.
- CARBAJAL E., O. A. *Desarrollo de Aplicaciones para Ambientes Distribuidos*. [En línea] 27 de febrero de 2013. [Citado el: 15 de septiembre de 2013.] <http://arqdeaplicdistribuidas.blogspot.com/>.
- CONCEPCIÓN G., M. *Estrategia para la gestión de productos informáticos sostenibles*. Tesis de maestría en Gestión Ambiental. Universidad de Holguín. Holguín. 2006.
- GÁMEZ, G.; LÓPEZ, A. M. , *et al.* *Perspectiva Actual en la Generación de Electricidad con Sistemas Híbridos*. En: CIE, 2007.
- ISAAC R., D. *Proyectos de Inversión de Parques de Energía Eólica*. COFIN Habana Revista de la Facultad de Contabilidad y Finanzas de la Universidad de La Habana, 2011. ISSN 2073-6061.
- JOSELIN H., G. M. *A review of wind energy technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007.
- LAMORÚ R., A.; LEGRÁ LOBAINA, A. A., *et al.* *Completamiento eficaz del sistema de información del viento en la torre Colina Dos de la región moense*. En: ENERMOA, 2012.
- LAUDON, K.C. Y LAUDON, J.P. *Sistemas de Información Gerencial: Organización y Tecnología de la Empresa Conectada en Red*. Nueva York, Prentice Hall, 2002.
- MORAGUES , J. A. Y RAPALLINI, A. T. *Aspectos Ambientales de la Energía Eólica*. [En línea] [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] Disponible en: <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>
- PINILLA S., A. *Manual de Aplicación de la Energía Eólica*. Colombia: Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, 1997.
- SANTAMARTA, J. *Las Energías Renovables son el Futuro*. [En línea]. ECO PORTAL.NET. 2004. [Consultado el: 29 de septiembre de 2013.] Disponible en: http://www.ecoport.net/Temas_Especiales/Energias/Las_Energias_Renovables_son_el_Futuro
- SAURA G., G.; OSÉS R., R; *et al.* *Tiempo de observación para la prospección eólica de un punto de interés*. [En línea]. Ecosolar. 2007. [Consultado el: 29 de septiembre de 2013.] Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar01/HTML/Articulo07.htm>
- TANEMBAUM, A. S. *Distributed System – Principles and Paradigms*. Nueva York, Prentice Hall, 2002.