



Integrante de la / Member of
IWEA World Wind Energy Association

Asociación Argentina de Energía Eólica
Argentine Wind Energy Association

www.argentinaeolica.org.ar

GESTIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y MAPEO EÓLICO

Ing. Luis Mariano Faiella (lmfaiella@argentinaeolica.org.ar)

Ing. Alejandro J. Gesino (ajgesino@argentinaeolica.org.ar)

Área de Investigación y Desarrollo de la Asociación Argentina de Energía Eólica

Asociación Argentina de Energía Eólica

E-mail: info@argentinaeolica.org.ar

www.argentinaeolica.org.ar

Abstract: Este paper describe la metodología que debe seguirse para realizar el estudio del “Recurso Eólico” en una región determinada. Se analiza de qué manera se deben realizar los estudios preliminares, qué fuentes deben ser consideradas y, una vez determinada una región específica, se estudia de qué modo deben obtenerse los datos de campo, cuáles son los procesos que se deben seguir y de qué modo se deben obtener, almacenar y analizar los datos meteorológicos. Finalmente, se analizan cuáles son las técnicas que permitirán representar dicha información sobre un mapa eólico de la región estudiada.

Keywords: anemómetros, mediciones de viento, distribución de Weibull, perfil logarítmico, ecuación de Hellmann, Mapa eólico, modelos de meso escala, modelos simplificados.

INTRODUCCIÓN

Una vez determinada la factibilidad para la instalación de granjas eólicas en un país o región determinada desde el punto de vista político, legal y económico, el siguiente paso es estudiar profundamente la región geográfica sobre la cual se desea analizar el *potencial eólico*.

Para determinar qué región será la más adecuada para iniciar los estudios, se deben conocer la distribución de las capas atmosféricas en el área, la dirección o direcciones principales de los vientos y las condiciones locales del área, como son los obstáculos (edificaciones, árboles, etc.), la rugosidad del terreno y la orografía de la zona. En las condiciones actuales de la República Argentina, dicho estudio debe estar basado en reportes o análisis previos que pudieran existir o *que deban ser generados*, en informes del Servicio Meteorológico Nacional e imágenes de satélite, entre otros. Es importante aclarar que en la actualidad no existe un único mapa eólico de la República Argentina, que sería el instrumento básico para cualquier tipo de consulta o relevamiento preliminar. El análisis de esta información genérica con la que se cuenta en la actualidad sólo brinda un dato genérico y así debe ser considerada.

También es recomendable contar con el asesoramiento local de un meteorólogo, quien puede aportar una mejor interpretación con respecto a valores históricos de la región, tendencias de los vientos, presión, temperatura y humedad promedio, así como datos relativos a los fenómenos meteorológicos que sucedan

habitualmente en el área (como temporales de lluvia y/o nieve, temperaturas extremas, fuertes vientos, etc.)

Una vez realizado este estudio preliminar deben ser llevados a cabo una serie de procesos que permitan conocer en detalle el área y que, finalmente, permita brindar una respuesta científica y metodológicamente sustentada a la pregunta ¿Cuánto viento podemos esperar en el área determinada?

Para responder la pregunta planteada, se debe tener en cuenta que las condiciones de viento para un área están definidas por el perfil de los vientos de ese área, la velocidad y dirección promedio de los vientos, la distribución de la velocidad y dirección del viento, y los patrones diurnos y estacionales de los vientos.

DESARROLLO

Se debe tener en cuenta que para determinar el período en el cual se realizarán las mediciones en el área, la duración de dicho período depende del tipo de proyecto que se desee llevar adelante. Si se trata de desarrollar de un mapa eólico completo de una región, se debe considerar la toma de mediciones durante un mínimo de 10 años (es decir, a largo plazo); de otro modo, si se trata de un análisis preliminar del recurso eólico, se debe considerar la realización de mediciones, como mínimo, durante un año en su fase inicial (es decir, a corto y mediano plazo).

Luego, se debe definir la cantidad y ubicación de los anemómetros que serán instalados, teniendo

en cuenta que es recomendable que el promedio de la superficie monitoreada por cada anemómetro sea de 2500 km². Técnicamente, se recomienda el uso de anemómetros de copa, calibrados cada 6 meses en un *túnel de vientos* certificado. Una vez calibrados e instalados los anemómetros en la región, es recomendable que los mismos operen, para su puesta en régimen, durante aproximadamente 4 semanas previas al inicio de las mediciones, sin que sus datos sean tomados en cuenta para el estudio que se desea realizar. Dichos datos, sólo deberán ser tenidos en cuenta a los efectos de estudiar la correcta calibración de los equipos y el proceso adquisición de datos, así como también el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos de medición meteorológica y almacenamiento de datos.

Calibrando los anemómetros de copa cada 6 meses y realizando un seguimiento bimestral de cada uno de ellos en el campo durante el período de toma de datos, se busca minimizar la introducción de errores o la pérdida de datos. Los errores en este tipo de relevamiento eólico deben ser entendidos como un factor sumamente complejo y que pueden llevar al completo fracaso de todo el proyecto eólico. Teniendo en cuenta que la energía que se encuentra en el viento es proporcional al cubo de la velocidad del viento ($E \sim V^3$) y que, según la ley de Betz, teóricamente puede ser extraído el 59.3% de la energía del viento, las mediciones que se realicen sobre "recurso eólico - viento" deben ser lo más precisas y libres de errores posibles.

Teniendo en cuenta que el viento cuanto más alejado de la superficie se encuentra posee más velocidad y menos turbulencia, dado que no es afectado por obstáculos propios del terreno, es recomendable realizar las mediciones lo más alto que permitan los estándares. En general, se recomienda realizar en un mismo punto dos mediciones a diferentes alturas, a 10 y a 30 metros, aunque se han registrado inclusive mediciones con mástiles meteorológicos colocados a 50 o 100 metros de altura.

Una vez instalada la red de medición de datos meteorológicos en el terreno, se debe llevar a cabo el análisis de turbulencia en el aire. Dicho análisis debe ser realizado midiendo el movimiento vertical del aire (mediante el uso de anemómetros ultrasónicos), así como la temperatura en el aire.

Es importante tener en cuenta la densidad del aire de la región, dado que la densidad del aire en regiones más cálidas disminuye, y en regiones más frías aumenta. Se debe considerar

que es mejor para la producción de energía eólica regiones en las cuales la densidad del aire sea la mayor posible, es decir, regiones con temperaturas frías (ejemplo: región Patagónica Argentina.)

Densidad del aire a Condiciones Normales del Presión y Temperatura: 1,225 Kg. /m³.

Condiciones Normales de Presión y Temperatura: 1013 hP y 20°C (CNPT)

Obtención y Procesamiento de los datos

Considerando que los datos meteorológicos obtenidos son el "insumo" del proyecto y habiendo utilizado estaciones anemométricas correctamente calibradas, instaladas y verificadas, se debe iniciar la fase de procesamiento, teniendo claro qué información se debe obtener al finalizar dicha fase.

Para ello, y previo al procesamiento de datos, es importante definir políticas y protocolos adecuados que permitan manipular la información y procesarla con máximos niveles de seguridad y eficiencia:

1. Es recomendable configurar la frecuencia para la obtención de los datos en los equipos electrónicos de los anemómetros en un 1 Hz.
2. Los valores meteorológicos obtenidos deben ser promediados cada 10 minutos (algunos anemómetros permiten realizar internamente dicho promedio).
3. Se deben definir claramente las políticas de obtención, recolección y transmisión de los datos provenientes de los anemómetros instalados en el campo de mediciones.

Será imprescindible la realización de **extrapolaciones en altura**, que permitan estimar los vientos que finalmente serán utilizados para la producción de energía eoloelectrónica [5]. Para extrapolar los vientos se cuenta con dos ecuaciones diferentes:

1. Ecuación de Hellmann:

Esta ecuación permite extrapolar los vientos a una segunda altura (h_2) aunque es normalmente utilizada sólo como una aproximación.

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha \quad \alpha = \frac{1}{\ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)}$$

v = velocidad del viento

h = altura sobre el suelo [m]

α = Exponente de Hellmann (Por ejemplo: en Alemania $\alpha=0.16$)

2. Ecuación de Perfil Logarítmico

Esta ecuación debe ser aplicada únicamente sobre valores promedio, no sobre valores individuales, y debe ser utilizada con mediciones que impliquen largos períodos de tiempo.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\ln((h_2 - d) / Z_0)}{\ln((h_1 - d) / Z_0)}$$

v = velocidad del viento [m/s]
 h = altura desde el suelo [m]
 d = espesor de la capa de desplazamiento [m]
 Z_0 = rugosidad del terreno

Para ser conservadores, en el análisis e interpretación de cualquiera de estas ecuaciones, se debe considerar un margen de error de +/- 10%.

El procesamiento de datos en la primera fase implica obtener:

1. Curva de Weibull.

$$f(v) = \frac{c}{A} * \left(\frac{v}{A}\right)^{c-1} * e^{-\left(\frac{v}{A}\right)^c}$$

f = densidad de frecuencia
 v = velocidad del viento (centro de clase) [m/s]
 A = parámetro de escala [m/s]
 c = parámetro de forma (nota: c es k)

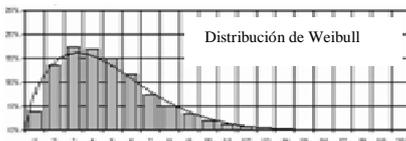
Existe una relación entre los parámetros de Weibull y la velocidad de viento promedio:

$$\text{Mean wind speed} = A * \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$$

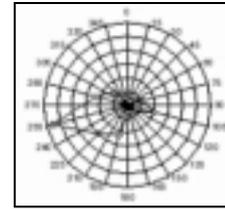
Γ = función Gamma

Incremento parámetro c de Weibull con la altura (empírico)

$$\text{Weibull } c_2 = c_1 + 0.008 (h_2 - h_1)$$



2. Estudio de rafagosidad del viento.
3. Velocidades máximas y mínimas del viento.
4. Rosa de los vientos de la región



EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO

Qué es un mapa eólico:

Es una representación de la magnitud y la dirección de los vientos de una región en forma gráfica, utilizando cartografía con una escala y simbología determinada.

Tipos de datos necesarios

Los datos con los que se debe contar para la confección del mapa eólico de una región son de muy variada fuente y, dependiendo del método empleado para realizar la labor, tendrán que ser de distinto tipo, teniendo cada método sus entradas de datos obligatorias bien definidas. De esta manera, al momento de desarrollar un nuevo mapa eólico debe relevarse muy bien qué datos hay disponibles y de qué manera pueden ser utilizados para emplear qué método. Sin embargo, y abstrayéndose del método a emplear, los datos necesarios para la tarea de mapeo pueden sintetizarse en el siguiente listado:

- Mediciones anemométricas o mediciones de superficie.
- Datos orográficos.
- Datos topográficos.
- Datos de uso del suelo/cobertura natural.
- Imágenes satelitales.

Los datos medidos en superficie son de suma importancia, dado que pueden utilizarse tanto para obtener el mapa eólico de una región como para validar los resultados obtenidos por otros métodos que no utilicen mediciones como entradas. Por otra parte, los datos de superficie siguen siendo los más exactos a la hora de realizar un proyecto.

PARTES DE UN MAPA EÓLICO

Datos

Los datos más frecuentemente representados sobre el mapa para una altura determinada son la velocidad media del viento (medida en m/s), la dirección del viento promedio (expresada en forma de flecha o símbolos característicos de ploteo en meteorología), la densidad media de energía (medida en W/m^2), la distribución de frecuencias, las rosas de los vientos, los parámetros de Weibull (A y k), los estudios de

rafagosidad de los vientos y estudios de turbulencia, entre otros. Además, los resultados deben presentar no sólo los datos promedio históricos, sino también los regímenes estacionales y los ciclos diurnos y nocturnos del recurso.

Existen otros datos que se utilizan como entradas para los modelos de mapa eólico, pero que puede resultar muy útil su utilización y representación como un compendio de la salida. Ellos son el mapa de rugosidad del suelo, el mapa de uso del suelo y cobertura vegetal, y mapas topográficos.

Todos estos datos estarán representados a distintas alturas, siendo en la actualidad las más comunes 30 y 50 m; aunque también hay atlas que representan la información a 10, 25, 30, 50, 75, 80, 100, 125 y 200 m. En realidad, una vez hechos los cálculos y conociendo cómo se comporta el perfil de vientos para una zona, los valores pueden ser fácilmente extrapolados en altura mediante métodos como los mencionados anteriormente.

Definición de las clases de viento: Cualquiera sea el dato representado sobre el mapa de vientos, el objetivo siempre es el mismo: revelar el potencial del viento en una zona.

Definiciones estándar de clases de viento, "Wind Class"
(utilizado en EE.UU.)

Clase	30 m de altura		50 m de altura	
	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m ²	Velocidad del viento m/s	Potencia del viento W/m ²
1	0-5.1	0-160	0-5.6	0-200
2	5.1-5.9	160-240	5.6-6.4	200-300
3	5.9-6.5	240-320	6.4-7.0	300-400
4	6.5-7.0	320-400	7.0-7.5	400-500
5	7.0-7.4	400-480	7.5-8.0	500-600
6	7.4-8.2	480-640	8.0-8.8	600-800
7	8.2-11.0	640-1600	8.8-11.9	800-2000

© Copyright 1997-2003 Asociación danesa de la industria eólica
Actualizado el 18 de mayo 2003

Uno de los datos que suele representarse es la cantidad de energía que puede obtenerse de una región.

Esto se mide en W/m² y existe una tabla de equivalencias entre la velocidad y la potencia del viento, que se utiliza en los EUA, denominada Clase de Viento [1].

Modelos

Para construir mapas eólicos se necesitan datos y modelos. Los modelos serán todos aquellos procesos (programas, algoritmos, métodos) que permitan modelar el comportamiento y la distribución del viento en una zona o región dada.

Una vez determinados cuáles serán el o los

modelos a utilizar y recavados todos los datos necesarios para alimentar ese modelo, ambas cosas se combinan para dar como resultado un mapa de vientos. En algunos casos, los modelos pueden combinarse entre sí para obtener un resultado más preciso.

Tipos de escalas climáticas y sus modelos:

Los modelos pueden ser de macro escala, conocida como escala sinóptica (más de 2000 km); meso escala (2 a 2000 km) o micro escala (hasta los 2 km).

Los más comúnmente usados para la evaluación del recurso eólico son los de meso y micro escala, pudiéndose utilizar ambos por separado o en combinación. Por lo general, las experiencias más comunes son aquellas en las que ambos modelos se usan en conjunto.

Generalmente, los modelos empleados - independientemente de la escala- pueden ser de tipo numéricos o estadísticos. En el caso de los modelos numéricos, están basados en un conjunto más o menos complejo de ecuaciones que modelan la realidad física de los fenómenos climáticos.

Por otro lado se encuentran los modelos estadísticos, que se caracterizan por aplicar principios de estadísticas y probabilidades para resolver el problema de cómo se comportan los vientos. Algunos de estos métodos están basados en principios de estadística tradicional y otros utilizan modernas técnicas de inteligencia artificial, por ejemplo.

Modelos numéricos generales: los modelos numéricos pueden ser catalogados en tres categorías distintas en función de la forma en como modelan la realidad (exactitud con la que sus ecuaciones modelan el comportamiento físico de los vientos).

1. Modelos de resolución de la ecuación fundamental.
2. Modelos físicos simplificados.
3. Modelos de análisis estadísticos.

Modelos de resolución de la ecuación fundamental

Estos son modelos que resuelven la ecuación general del movimiento de flujo de Navier-Stokes [3]. Incluyen la descripción de la topografía, de efectos de la rugosidad del suelo, permiten modelar efectos térmicos complejos y utilizan información geográfica, por medio de sistemas GIS. Estos se denominan *modelos de meso escala*.

Permiten la representación o simulación atmosférica con mayor detalle, al tiempo que permiten el modelado de un área más extensa

que el resto de los métodos numéricos. Estos consideran todos -o casi todos- los fenómenos meteorológicos importantes. Por otra parte, no dependen de datos medidos en superficie. Ejemplos conocidos: KAMM (Karlsruhe Atmospheric Mesoscale Model, de la universidad homónima de Alemania), MM5 (Mesoscale Model versión 5 de NCAR/Penn - National Center for Atmospheric Research/ Pennsylvania), ETA (modelo generado cada 12 horas creado por el NCEP - National Center for Environmental Prediction y utilizado por el Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina) y MatMeso, entre otros.

Al mismo tiempo, este tipo de modelos requiere de la utilización de otros métodos para lograr mayor resolución y de mediciones de superficie si se desea validar que la salida del método es correcta en todos los casos.

Clasificación de los fenómenos de meso escala (Fujita, 1986)

- Meso escala Alfa (a): tienen una dimensión de entre 200 y 2000 km con fenómenos que pueden durar entre 6 horas y 2 días, como pequeños huracanes y débiles anticiclones.
- Meso escala Beta (b), que cuenta con tamaños de entre 20 y 200 Km. con duraciones de entre 30 minutos y 6 horas; pueden presentarse campos de vientos locales, vientos de montaña, brisas de tierra y mar, complejos convectivos de meso escala y grandes tormentas eléctricas.
- Meso escala Gamma (c) de tamaño estimado entre 2 y 20 km, duración de entre 3 y 30 minutos, representando fenómenos como la mayoría de las tormentas eléctricas y tornados de gran tamaño.

Para lograr un relevamiento de recurso eólico utilizando un método de meso escala se deben seguir los siguientes pasos: primero, se deben recavar datos y medidas de viento en altura. En general, se utilizan las mediciones de radiosondas, aunque las mediciones en superficie pueden considerarse para poder calibrar el modelo y estimar errores. El modelo se ejecuta para simular los vientos de 10 a 15 años y, dependiendo de la potencia de cálculo disponible y la región a modelar, la grilla resultado puede tener entre 1 y 5 Km. También es posible una mayor precisión si se ejecuta un modelo de micro escala o uno que permita una mayor resolución dentro de cada punto de la grilla, por ejemplo el WAsP o WindMAP. Luego de la ejecución del modelo, se traza el mapa del recurso eólico. En este mapa pueden representarse los datos anteriormente mencionados.

Modelos físicos simplificados

Utilizan un conjunto más reducido de ecuaciones y -por lo tanto- modelan menor cantidad de fenómenos climáticos. Se usan para trazar mapas eólicos en terrenos de baja o mediana complejidad, produciendo mapas igualmente útiles y precisos, pero requiriendo mucha menor potencia de cálculo. Las ventajas de este tipo de métodos son que funcionan con datos de estaciones anemométricas de superficie, sin necesidad de datos de altura y, además, son ideales para terrenos de baja complejidad.

Como contrapartida, sus desventajas son que no modelan completamente la realidad, sólo pueden representar algunos aspectos del comportamiento del viento y otras variables meteorológicas. Entonces, no son capaces de modelar fenómenos meteorológicos complejos, pero muy importantes, como la brisa de mar o de tierra, o el viento producido por efectos térmicos, como los vientos de montaña; no tienen en cuenta la separación del flujo de aire producida por el terreno irregular. Depende de mediciones anemométricas en superficie, lo que implica que si las mediciones no son suficientes o están hechas de manera incorrecta, el modelo generará un resultado incorrecto. Las mediciones anemométricas sospechosas no pueden usarse sin recurrir a técnicas de corrección que pueden introducir nuevos errores en los cálculos.

Modelos basados en GIS

Este tipo de modelos se basa en principios de funcionamiento totalmente distintos. Para su funcionamiento utilizan mediciones de vientos en altura que se extrapolan a baja altitud. Además, están basados en la tecnología GIS (Geographical Information System) para el relevamiento y sectorización de la región a analizar.

En 1995 el NREL - National Renewable Energy Laboratory comenzó a desarrollar un nuevo método de mapeo eólico basado en la tecnología GIS. El modelo se denomina WRAM (Wind Resource Assessment Model). Produce mapas de gran calidad y fue utilizado para desarrollar los mapas eólicos de varios estados de la unión (North Dakota, South Dakota y Vermont; parte de Minnesota, Iowa y Nebraska); además de varios atlas internacionales como República Dominicana, Mongolia, Filipinas y regiones de Chile, China, Indonesia y Méjico.

Este método necesita de valores de viento previamente calculados y, en definitiva, no es más que un método de representación, más que de cálculo.

Modelos desde el punto de vista de los principios

Desde el punto de vista de los principios físico-matemáticos, los modelos numéricos se clasifican en:

- Basados en la teoría de Jackson-Hunt
- Basados en el modelo de masa uniforme

En el primer caso, estos modelos tienden a satisfacer las ecuaciones de Navier-Stokes [3]. Su característica básica es la descripción de dos principios fundamentales: la conservación de la masa y la conservación del momento. Por lo tanto, este tipo de modelo es muy sofisticado y tiene un muy buen rendimiento: un error de entre el 8 y el 10%.

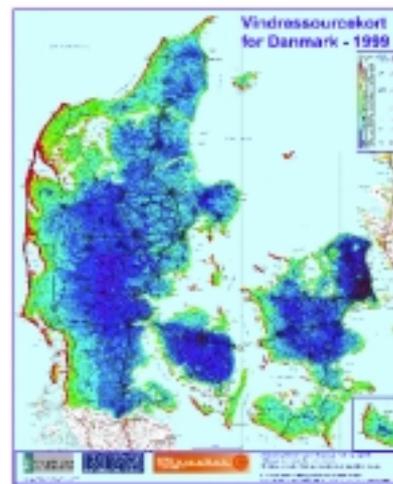
En el caso de los modelos basados en el modelo de masa uniforme, sólo describen (a diferencia de los anteriores) la conservación de la masa. Son menos sofisticados y tienen un rendimiento similar -bajo determinadas condiciones- que los modelos más complejos. Ejemplos de este tipo de modelos son el WindMAP y el WAsP.

Se puede deducir de la descripción de ambos modelos que el principio de conservación de la masa es el principal determinante de la variación del viento, siempre referido a terrenos de baja o moderada complejidad.

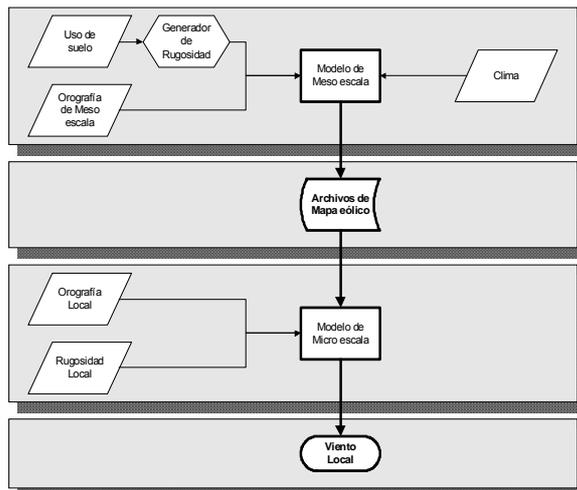
Mesoscale Model) [meso escala] [4]

- Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) [Simplificado] [4]
- MesoMAP [meso escala] [7]
- Método WRAM [GIS] [8]
- WindMAP [Simplificado] [7]
- WindSCAPE [Mix]: Raptor [micro] + TAPM [meso]

EJEMPLO DE MAPA EOLICO: DINAMARCA



Gráfica de modelos combinados



El gráfico muestra las etapas para desarrollar un mapa de vientos utilizando un método de meso escala y uno de micro escala en conjunto, al estilo Wind Atlas.

EJEMPLOS DE MODELOS MÁS CONOCIDOS

- KAMM (Karlsruhe Atmospheric

CONCLUSIONES

Se debe ser conservador en la interpretación tanto de los datos obtenidos a raíz de mediciones realizadas en el campo por los equipos de medición así como con las extrapolaciones que sean realizadas, ya sea en altura como en el terreno. Es conveniente estimar entre un 10% y un 20% menos en los datos obtenidos, y con esos valores realizar los cálculos y estimaciones.

Finalmente, el informe del "potencial eólico" de la región debe presentar un detalle técnico y meteorológicamente sustentado de la siguiente información:

1. El análisis preliminar de la región. (en este caso es recomendable contar con el mapa de vientos del país)
2. Proceso de instalación de equipamiento.
3. Mapeo eólico.
4. Resultados e informe final.

No importa qué tipo de proyecto eólico se emprenda, la fase de evaluación del potencial de una región es una de las más importantes. En función de su resultado podrá determinarse la viabilidad o no de un futuro proyecto; podrá determinarse cuál es el mejor lugar dentro de



Integrante de la / Member of
IWEA World Wind Energy Association

www.argentinaeolica.org.ar

una región para localizar un nuevo complejo eólico.

Los mapas eólicos (atlas, evaluaciones del recurso, o como quiera llamársele) son instrumentos fundamentales para emprender cualquier trabajo de planeamiento para la instalación de una granja eólica. Pero éstos dependen, a su vez, de insumos fundamentales que permitirán su creación: los datos meteorológicos, cualquiera sea su forma.

REFERENCIAS

- [1]. Asoc. Danesa de la Energía Eólica. WindPower.org. *Definiciones estándar de clases de viento "Wind Class"*. 11/Feb/2004, <<http://www.windpower.org/es/stat/unitsw.htm>>
- [2]. Brower, M., B. Bailey, y J. Zack. *The New US Wind Resource Atlas* [cdrom]. En: *European Wind Energy Conference & Exhibition 2003*. [Madrid], European Wind Energy Association, 2003.
- [3]. Cambridge University Press. *Foundations of Fluid Mechanics. Navier-Stokes Equations* [en línea]. 14/Ago/2004. <<http://www.navier-stokes.net/>>
- [4]. Frank, H. P., O. Rathmann, N. G. Mortensen, y L. Landberg. *The Numerical Wind Atlas: The KAMM/WasP Method*. [Roskilde, Dinamarca]: Information Service Department, RisØ National Laboratory, junio 2001.
- [5]. Gasch, R., y J. Twele. *Wind Power Plants. Fundamentals, Design, Construction and Operation*. [Berlin, Alemania]: Solarpraxis AG, 2002.
- [6]. Manwell, J. F., J. G. McGowen, y A. L. Rogers. *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. [West Sussex, Inglaterra]: John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [7]. Ministerio de Minas y Energía de Brasil. *Mapas do Potencial Eólico Anual* [cdrom]. En: *Atlas Do Potencial Eólico Brasileiro*. [Brasilia, República Federativa del Brasil], e-dea Technologies/ Christianne Steil, 2001..
- [8]. Nielsen, J., S. Innis, y K. Pollock. *Renewable Energy Atlas of the West*. <<http://www.EnergyAtlas.org>>
- [9]. RisØ National Laboratory. Wind Energy Department. *Wind Resource Atlas for Denmark*. [Dinamarca]: 23/Ene/2004. <<http://www.risoe.dk>>