

ESTIMACION DE POTENCIAL EOLICO DE LA PROVINCIA DE MISIONES.

Marcelo Aires¹, Mario E. De Bortoli², Erico Frigerio³, Sergio R. Roko

¹ Doctorando Universidad Nacional de Salta

² Universidad Nacional del Nordeste

³ Universidad Nacional de Salta

Tel. 0261-4288797 - Fax 0261-4287370 e-mail: maaires@hotmail.com

RESUMEN: Con valores estadísticos de velocidades medias de viento y modelos numéricos se estimó el potencial de recurso eólico de la provincia de Misiones para determinar en forma preliminar la tipología de aerogeneradores a instalar. Además se analizó la estabilidad de los vientos medios resultantes a los efectos de estudiar si son aptos para proyectos conectados a red o sistemas de generación independientes con dispositivos de almacenamiento de energía. Para tal objetivo se elaboraron modelos georeferenciados de relieve de terreno y longitud de rugosidad, se procesaron con datos de medición de vientos de superficie y de altura en un modelo tridimensional de flujo no divergente y de conservación de masa ArgentinaMap- WindMap.

Palabras clave: Mapa Eólico Misiones, Recurso Eólico en Terreno Forestado, Recurso Eólico en Terreno complejo.

INTRODUCCIÓN

Para determinar el potencial eólico de una región y la tipología de aerogeneradores a instalar es necesario valorar todas las variables relevantes que influyen en la conformación del campo de velocidades estadísticas de viento atmosférico superficial. Así, inicialmente es necesario disponer de registros de velocidades de viento lo suficientemente extenso para que representen la energía cinética real disponible en el tiempo.

La forma más precisa para determinar el recurso eólico en una región, es instalar anemómetros, a varias alturas por ejemplo a 30 m, 50 m y 80 m, a los efectos (Mattio-Tilca 2009) de registrar velocidades medias del viento y el perfil vertical del viento atmosférico. Estas actividades demandan tiempo y recursos económicos que generalmente en nuestra área de estudio no se disponen en forma directa por lo tanto se recurre a registros de velocidades de viento disponibles en aeropuertos con anemómetros electrónicos automáticos perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, instituciones nacionales como Recursos Hídricos y/o Empresas Privadas.

En el año 2002 los consultores Odilon A. Carmargo do Amarante y Fabiano J. Lima da Silva elaboraron el Atlas eólico del estado de Rio Grande Do Sul (RGS, Brasil) para la Secretaria de Energía Minas e Comunicares (Porto Alegre, SEMC, 2002), publicado por la Secretaria de Medio Ambiente del estado de Rio Grande do Sul (SMARGS; 2002). Posteriormente, en el año 2007, los consultores del Instituto de Tecnología para o Desenvolvimento, LALTEC (Luiz Alberto Jorge Procopiak y otros) y Camargo Shubert- Engenharia Eólica (Odilon A. Camargo do Amarante y otros) elaboraron para la Compañía Paranaense de Energía (COPEL) y para la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) el Atlas de Potencial Eólico del estado de Paraná (Brasil), publicada por Copel (Copel, 2007). Las isocletas de velocidades medias anuales del mapa eólico, longitud de rugosidad, frecuencia y dirección de vientos fueron corroboradas por mediciones reales durante más de un año por una red anemómetros (torres de medición de recurso eólico) estratégicamente ubicados. Las prospecciones eólicas dieron como resultado la obtención de lugares factibles para el funcionamiento de parques eólicos en una vasta región en el sur del Brasil, como ser el actual Parque Eólico de Osorio en las cercanías de ciudad de Osorio, en el estado de Rio Grande do Sul, actualmente el parque eólico más grande de América del Sur, con 150 MW instalados y con proyectos de ampliación a 300 MW; el parque Eólico de Palmas, en el estado de Paraná, a 220 km de la frontera con la provincia de Misiones, con una potencia instalada de 5 MW y Bom Jardim da Serra, Agua Doce y Horizonte en el estado de Santa Catarina con una potencia instalada de 14,8 M y con proyectos de ampliación.

La provincia de Misiones está situada en una región de características de relieve y rugosidad muy accidentadas similar a los estados brasileños limítrofes de Rio Grande do Sul, Santa Catarina y Paraná de la República Federativa de Brasil, con las cuales limita en más del 60 % del total de las líneas fronterizas.

Disponiendo los datos mencionados anteriormente coincidentes con el área de contorno de nuestra área en estudio, medidos específicamente para la evaluación de la energía eólica, confiables y verificados in situ en la región, el presente trabajo aborda la evaluación del potencial eólico para la provincia de Misiones (Argentina) en conjunto con datos correspondientes a estaciones meteorológicas ubicadas en el interior de esta provincia, como ser anemómetros pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (mediciones horarias a 10 m de altura) y datos del modelo Global Data Assimilation System (GDAS) generado por el The National Weather Service's National Centers for Environmental Prediction (NCEP), publicados por National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Para estimar el potencial eólico existente en la región, se elaboraron modelos georeferenciados de relieve de terreno y longitud de rugosidad, procesándose con los datos de estas tres fuentes, vientos de superficie y de altura en un modelo matemático computarizado tridimensional de elementos finitos WindMap (y/o Argentina Map) que aplican las leyes de conservación de masa generando flujos de vientos no divergentes.

CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE Y VEGETACIÓN

La provincia de Misiones, se encuentra entre los paralelos 25° 30' y 28° 10' en latitud sur y meridianos 56° 4' y 58° 38' longitud Oeste y posee un relieve caracterizado por las Sierras Centrales pertenecientes al Macizo de Brasilia, formación rocosa que continúa hasta las costas del océano Atlántico y se eleva dentro de la provincia hasta los 843 m de altura en la ciudad De Bernardo de Irigoyen, provocando la divisoria de aguas entre el Río Uruguay al sur y el Río Paraná al norte. La vegetación nativa de la provincia está constituida por la selva misionera o selva paranaense abarcando aproximadamente el 35 % de la superficie de la provincia, protegida por parques nacionales y provinciales, posicionándose así a como la región de Sudamérica de mayor concentración nativa de vegetación de la selva paranaense. El resto del área de la provincia está caracterizada por forestación heterogénea en la que se encuentran pino y eucaliptus, cultivos de te y yerba mate así como áreas con muy poco aprovechamiento agrario, como es característica del sur de Misiones. Existen actualmente también áreas de grandes espejos de agua como es el lago artificial creado por el embalse Yacyretá que se comparte con la provincia de Corrientes al sureste. La conformación del relieve topográfico en altura y la forestación en superficie sugiere a priori que las áreas donde sería factible obtener mayor potencial eólico, es decir las máximas velocidades medias de manera estable, serían en la cima de cerros con altas pendientes y en los grandes espejos de agua donde la altura de los obstáculos superficiales es despreciable provocando mínima perturbación al escurrimiento de la masa de aire.

METODOLOGIA

Para el cálculo del campo de velocidad de flujo se utilizó el modelo numérico WinMap-ArgentinaMAP de base NOABL, (Numerical Objective Analysis Boundary Layer), basada en la ley de conservación de masa para flujo no divergente, resolviendo la ecuación de manera iterativa mediante la técnica numérica de elementos finitos.

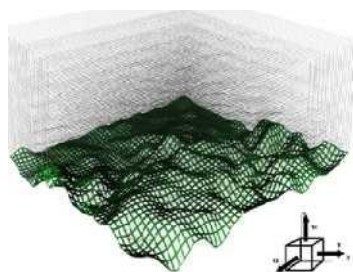


Figura 1: Dominio espacial de cálculo WindMap

El modelo de rugosidad digital se procesó con software Idrisi, las fotografías de imágenes satelitales (mosaicos) correspondientes al sensor TM del satélite Landsat 5, (Mattio y otros 2006, SEMC 2002 Brasil), con periodo de revisita de 16 días y resolución 30 m x 30 m, en bandas 3, 4 y 5 de disponible en la web, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Aeronáuticas) para una cubierta de nubes de 0% de años 2010 y 2009, georreferenciadas, corregidas y escaladas a UTM - 21S. Se introdujo la longitud de rugosidad para las diferentes cubiertas vegetales que compone la provincia de Misiones en correspondencia a la tabla con la convención WasP (Mapa Eólico Europeo) con la excepción de grandes cuerpos de agua donde la longitud de rugosidad corresponde a 0,0001 y no a 0 (adaptación de la convención WasP por WindMap). En las concentraciones urbanas como la ciudad de Posadas, el valor de longitud de rugosidad aerodinámica de 1,10 m; para pueblos o zonas suburbanas 0,75 m; Selva Paranaense 1,00 m; forestaciones como pinares desde 0,80 a 1,00 m y espejos de agua como el lago embalse Yacyretá 0,0001 m respectivamente. Al generar el mapa de rugosidad con estos datos, no es posible separar la región correspondiente a los pueblos con la vegetación aledaña, debido que ambos poseen valores de longitud de rugosidad muy similares (aproximadamente 0,75 m) (Figura 2). Para validar la longitud rugosa supuesta los relieves topográficos obtenidos al procesar con el software se comparó con el resultado del mapa de rugosidades validados con mediciones físicas para el estado de Paraná (COPEL-2007), y el mapa de rugosidades del estado de Rio Grande Do Sul (SEMC-2002) respectivamente en la zona fronteriza. El color de verde más oscuro corresponde a la Selva Paranaense en parques nacionales y provinciales, mientras que la imagen de procesamiento revela la poca densidad forestal en la región sur de la provincia.

El modelo digital de relieve se obtuvo Online de ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM), un proyecto The Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI) y el National Aeronautics and Space Administration (NASA) correspondiente al sensor "ASTER" que cubre toda la corteza terrestre, con una resolución inicial de 1,5 arco segundo lat, x 1,5 arco segundo long. de resolución original, correspondiendo a una superficie en planta de 46 m x 42 m aproximadamente. Para compatibilizar la resolución adoptada con la cantidad de datos disponibles y para que cada mosaico tenga por lo menos un dato de superficie, la resolución del relieve se disminuyó a una resolución de 200 m x 200 m. Los datos de rugosidad, elevación, vientos de superficie y en altura se procesaron en 7 mosaicos de fotografía digital satelital al que se superponen más de 50 celdas en los bordes.

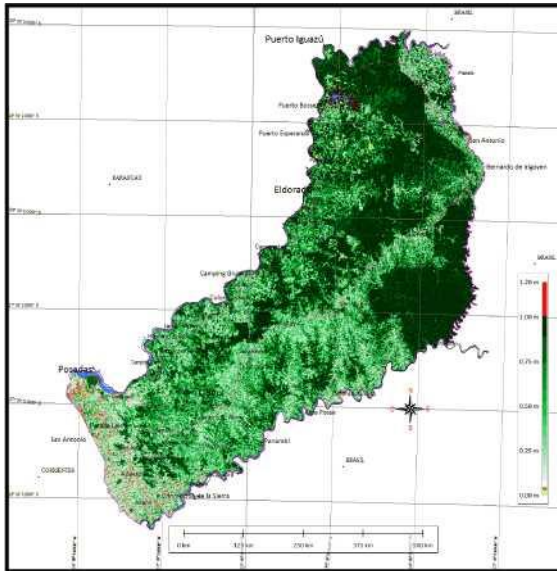


Figura 2: Modelo digital de Rugosidad Superficial de Proyección UTM -21S resolución final 200 m x 200 m procesado del Sensor TM de Landsat 5.

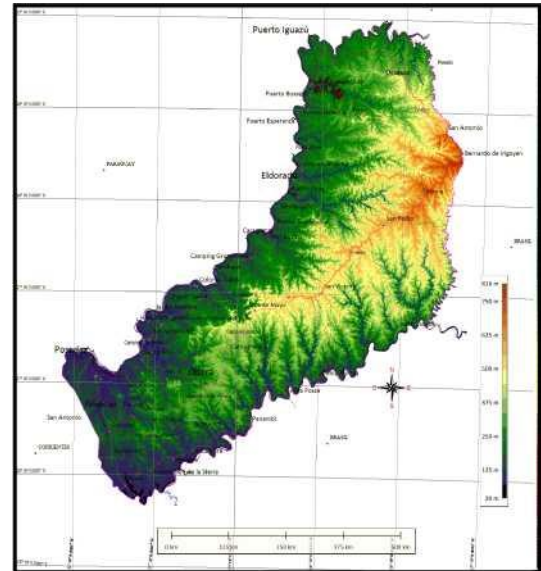


Figura 3: Modelo digital de elevación de terreno [m]. Proyección UTM -21 S. Sensor ASTER resolución final 200 m x 200 m.

El programa WindMap soporta varias tipologías de datos de ingreso, para estaciones de superficie y altura, en lo que a velocidades medias anuales se refiere. Así se puede introducir los datos de la Rosa de velocidades de los Vientos con dieciséis, doce u ocho direcciones ó solamente la velocidad media de la estación con una dirección correspondiente al Dominante. La provincia de Misiones no dispone de una red de anemómetros de precisión en altura y para elaborar el mapa eólico fue necesario utilizar todas las alternativas que permite el software como datos de entrada. Los datos disponibles de velocidad de viento en la región provienen de cuatro fuentes. La primera fuente de datos corresponde a los datos de registros SMN, correspondiente a aeropuertos. En la provincia de Misiones existen registros de velocidades de viento en los aeropuertos de Bernardo de Irigoyen, Iguazú y Posadas. Para minimizar las distorsiones en los datos a suministrar al programa, los registros de anemómetros de Bernardo de Irigoyen y de Iguazú no fueron utilizados por estar rodeados de una densa vegetación. En reemplazo de estos datos se utilizaron valores en escala gráfica del mapa eólico Paraná (COPEL-2007) ya verificados y validados físicamente. Si se incorporaron al procesamiento las mediciones superficiales correspondiente al anemómetro meteorológico SMN de la ciudad de Posadas, de un entorno rugoso conocido y tabulado (césped, planicie y vegetación homogénea a baja altura) corrigiéndose previamente las mediciones velocidades de viento, eliminando la influencia de obstáculos puntuales y de geometrías conocidas como la aerostación y torre de control, ubicados muy cercanos al anemómetro de medición, con un modelo Jackson-Hunt, del Software WasP de Laboratorios Riso. La media de la velocidad de viento anual sin filtrar a 10 m de altura es de 3,15 m/s y con los obstáculos filtrados de 3,93 m/s; aumentando un 25 % el valor de velocidad media anual. (POSADAS-AER en Figura 4)

El segundo grupo de datos de estaciones virtuales corresponde a los datos, en escala gráfica, del mapa eólico del estado de Rio Grande do Sul, Brasil, disponible en Internet, de Secretaria de Medio Ambiente del estado de Rio Grande Do Sul (SMA, RGS). Se extrajeron 8 estaciones Virtuales a 50 m de altura, en escala gráfica, donde las incertezas son menores a 5% y 10 % y su correspondiente rosa de los vientos. (prefijo RS en Figura 4)

El tercer grupo de datos se obtuvieron en escala gráfica del Mapa eólico del estado de Paraná, <http://www.copel.com/download/>, Companhia Paranaense de Energía, cuatro estaciones virtuales que se destaca la estación Barracao, a solo 7 km de la frontera de Bernardo de Irigoyen, con una medición a 30 y 50 m de altura del programa VENTAR (Programa de Monitoreo del Viento en el estado de Paraná 1996-1998).(prefijo PR en Figura 4). El cuarto grupo de datos corresponde a 7 (siete) estaciones virtuales de velocidades de viento de superficie a 10 m de altura registradas por el modelo GDAS, que el NECEP ejecuta cada 3 horas los 365 días del año, obtenidas a partir de los datos de estaciones meteorológicas automáticas y mediciones indirectas sondeadas por satélites meteorológicos, con un resolución de 1 grado latitud x 1 grado longitud, disponibles en internet, en archivos semanales en formato GRIB. (prefijo GDAS en Figura 4). Para los datos de superficie del Modelo GDAS y los datos de anemómetro del SMN se calcularon los K de Weibull, por el método de la máxima verosimilitud, (maximum likelihood estimator). Para las restantes estaciones virtuales de mapas eólicos existentes se obtuvieron en escala gráfica, del respectivo mapa unitario para todas las direcciones de viento disponibles directamente de la publicación SEMC-2002 y COPEL-2007. Los vientos de altura se obtuvieron para cada mosaico en correspondencia de la elevación máxima para cada mosaico <http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php>, con selección de la altura del terreno. Misiones posee un terreno muy escarpado en algunas zonas lo que produciría valores excesivos en los picos de los cerros si no se modelan los mosaicos con vientos de altura. Para cada mosaico se incorporaron dos mediciones de velocidad de viento en altura (Tabla 1).

Mosaico	ANM Máxima	N° Estaciones Superficie	Altura Capa Limite	Viento en Altura
N°	[m]	N°	[m]	[Hpa]
1	483	3	150	925-900
2	366	4	150	950-925
3	416	4	150	925-900
4	670	7	150	900-875
5	865	4	150	875-850
6	589	3	150	925-900
7	882	4	150	875-850

Tabla 1. Resumen de datos de superficie y altura introducido para el modelo de cálculo de campos de vientos.

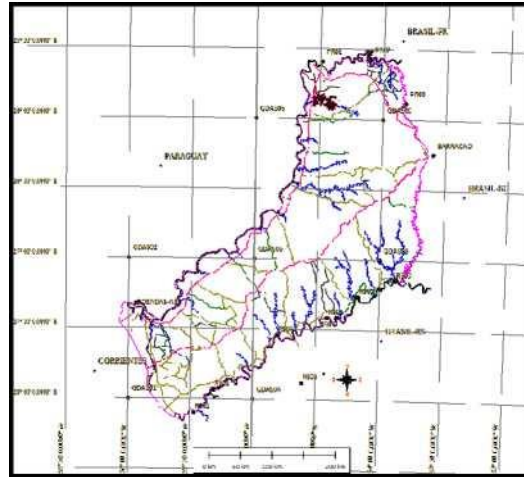


Figura 4: Estaciones de medición de Vientos.

REGIMENES DE VIENTOS DE LA PROVINCIA

El territorio posee al sur oeste, entre paralelo latitud sur 27° y longitud oeste 55°, un régimen de vientos dominantes que proviene del cuadrante Sur Sur Este, como se ve en la rosa de los vientos de la ciudad de Posadas, hacia al paralelo 27 Oeste y longitud 55° Sur, el viento dominante va girando hacia el cuadrante Este aproximadamente en la Ciudad de Oberá, para llegar por arriba del paralelo 27° y hacia el Este del la longitud 55° a dirección Nor Este Este como se puede observar en la rosa de vientos del Aeropuerto de Iguazú. (Figuras 5 y 6). Así, el territorio es afectado por dos regímenes predominantes de vientos. Un viento sur con mas densidad, que actua con mayor frecuencia anual en el sur de la provincia y hacia el río Uruguay proveniente del polo sur. El segundo regimen es una masa de aire en movimiento que ingresan del cuadrante Nor Este que proviene de la zona de alta presión del Oceano Atlántico y que tiene mayor predominio al noreste y este de la provincia.

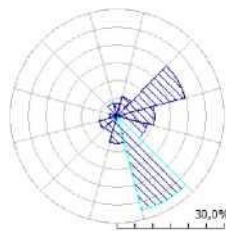


Figura 5. Rosa de Vientos Estación SMN Posadas.



Figura 6. Rosa de Vientos Estación SMN Iguazú.

PROCESAMIENTO, RESULTADOS Y ANALISIS

Existe un importante recurso eólico en los picos de los cerros al suroeste de la provincia, originado por la entrada de viento sur que ingresa desde el cuadrante Sur Sur Este y se encuentra con cerros con altas pendientes y longitud de rugosidad baja. En este sector la velocidad media anual del viento alcanza los 7 m/s a 100 m de altura del terreno (Figura 7) y 6 m/s a 50 metros de altura (Figura 8). En el lago del embalse Yacyreta, la velocidad del viento medio anual de 5 m/s a 30 de altura (Figura 9) y 5,5 m/s a 50 metros de altura (Figura 8). Respecto a la instalación de aerogeneradores de pequeña y mediana potencia, el 30 % de la superficie provincial cuenta con vientos propicios para la generación de energía eléctrica ($>4,5$ m/s) en forma descentralizada para almacenar en dispositivos (condensadores, baterías, bombeo de agua, producción de hidrogeno) (Figura 10).

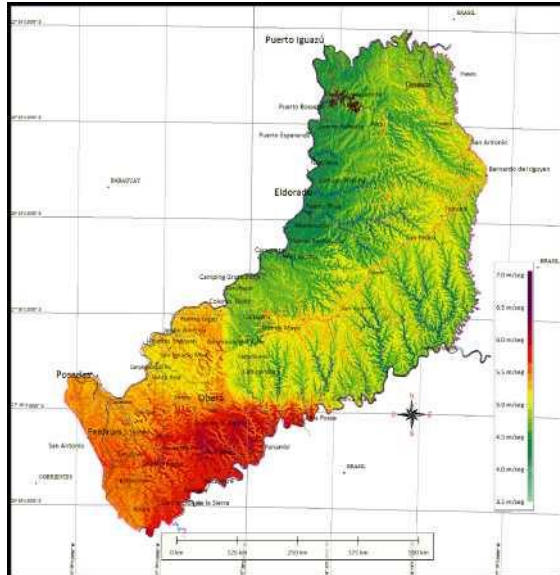


Figura 7. Velocidad media anual del viento a 100 m de altura en m/s

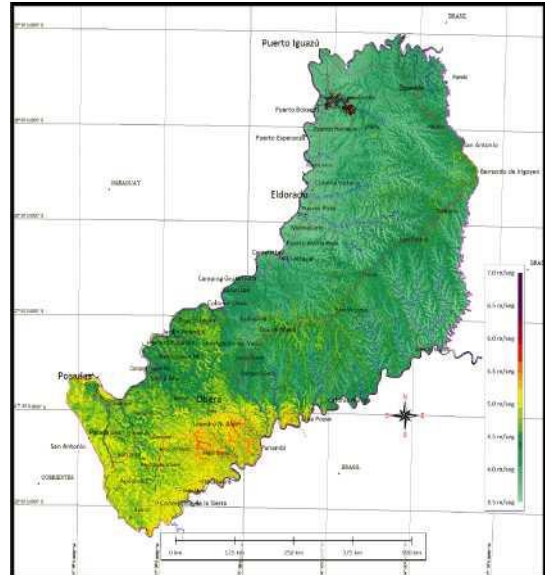


Figura 8. Velocidad media anual del viento a 50 m de altura en m/s

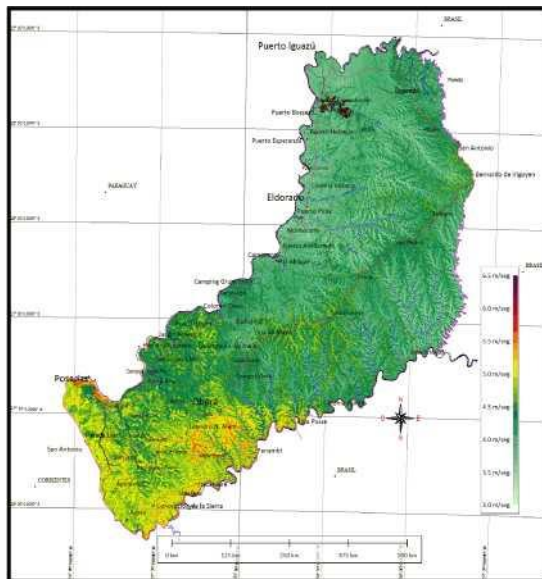


Figura 9. Velocidad media anual del viento a 30 m de altura en m/s

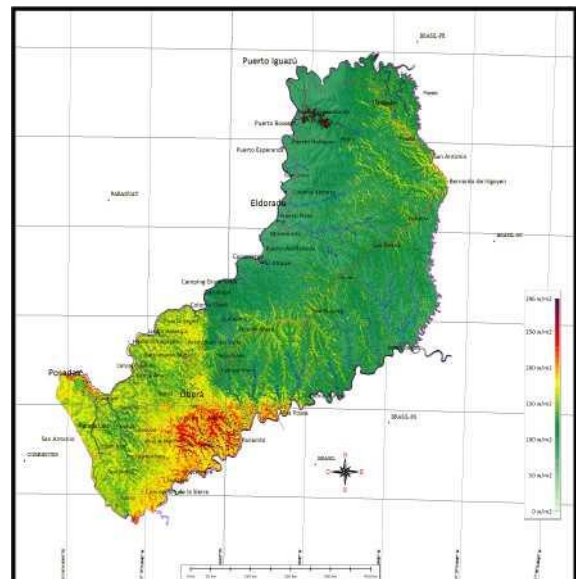


Figura 10. Densidad de Potencia en W/m2 para 50 m de altura

Para cada mosaico se ejecutó la inicialización más conveniente de los campos de vientos y más representativa de los vientos en la zona. En tabla 2 se muestra las potencias eólicas estimadas al procesar el programa para la provincia de Misiones, para 30, 50 y 100 m de altura respectivamente.

A 30 m de altura

Velocidad [m/s]	Area [km ²]	Densidad de Pontencia [w/m ²]	Potencia [MW] Instalable	Factor Potencia Aproximada	Potencia Total [MW]	% de la Superficie
4,50 a 5	9058	131	20756	0,15	3113	30,19%
5 a 5,5	1938	177	5995	0,17	1019	6,46%
5,5 a 5,75	68	218	258	0,20	52	0,23%

A 50 m de altura

Velocidad [m/s]	Area [km ²]	Densidad de Pontencia [w/m ²]	Potencia [MW] Instalable	Factor Potencia Aproximada	Potencia Total [MW]	% de la Superficie
5,50 a 6	67	265	311	0,22	69	0,22%
6 a 6,5	0	306	0	0,25	0,11	0,0003%

A 100 m de altura

Velocidad [m/s]	Area [km ²]	Densidad de Pontencia [w/m ²]	Potencia [MW] Instalable	Factor Potencia Aproximada	Potencia Total [MW]	% de la Superficie
5,50 a 6	4348	265	20081	0,22	4418	14,49%
6 a 6,5	464	306	2480	0,25	620	1,55%
6 a 7	156	377	1027	0,27	277	0,52%

Tabla 2. Estimación de recurso eólico.

Notas: 1) Para el cálculo de la densidad de potencia es asumido la distribución de Rayleigh con k=2.

2) Para el cálculo de potencia instalable se calcula un parque con una distribución de generadores de 5 diámetros por 9 diámetros

3) Los valores sombreados en celeste son los valores que pueden ser explotados en forma comercial en 50 m y 100 de altura.

LÍMITES DEL MODELO DE CÁLCULO DE CAMPOS DE VIENTO.

El modelo ArgentinaMap-WindMap, no tiene en cuenta efectos térmicos complejos, brisas de mar (o brisas generadas por grandes masas de agua, p. ej. lago Yacyreta) y/o vientos de montaña. Depende en mayor medida de la forma de inicialización de los campos de viento y del radio de estabilidad térmica a los efectos de “graduar” los afectos y la aceleración de vientos entre obstáculos. El modelo aquí procesado fue calculado para una resolución horizontal de 200 m x 200 m y una resolución vertical de 30 celdas. La gran mayoría de accidentes topográficos importantes pueden modelarse con esta resolución, los cerros característicos de la provincia son redondeados con pendientes moderadas y no tan abruptas. Para picos de cerro de menos de 200 m de ancho, puede modelizarse con mayor resolución en formato micrositing a los efectos de determinar con más precisión el efecto de aceleración de la masa de aire en el pico del cerro. Así también deben existir zonas donde alguna rugosidad alcance menos de 200 m x 200 m de superficie, sin embargo la cubierta de vegetal de la provincia de Misiones es muy compleja y las grandes extensiones (más de 1 km²) son bien representadas por esta resolución. A su vez en el área que el modelo obtuvo potencial eólico importante, no existe ninguna torre con anemómetros a varias alturas (torres de medición de recurso eólico). Para un estudio de factibilidad mas profundo es necesario la instalación de torres de medición estratégicamente ubicados a los efectos de la validación de las velocidades obtenidas por el modelo aquí procesado.

ANALISIS DE VELOCIDADES DE VIENTOS EN HORAS DEL DÍA Y ESTACIONARIOS

La velocidad del viento así como la producción de energía difiere según la hora del día y también difiere según la estación del año. En Figura 11 se muestra para la zona circundante al Aeropuerto de la ciudad de Posadas, la variación en las estaciones de verano e invierno respecto a la velocidad media anual.



Figura 11. Distribución horaria de la velocidad del viento en verano, invierno y media anual

Se puede apreciar en el gráfico que a partir de las seis de la mañana la velocidad del viento empieza a aumentar, elevando su valor hasta las 13 horas para mantenerse aproximadamente estable hasta las 19 horas, en las estaciones de verano e invierno, sin cambiar su amplitud, así se tendría la mayor producción de energía entre las 13 y las 20. En estos horarios en verano, se encuentra el mayor consumo debido al uso de aire acondicionado.

En coincidencia con lo expuesto, en Figura 12 se muestra que el consumo baja de 0 a 7 horas de la mañana, para luego llegar a ascender hasta las 15 horas, donde se mantiene constante hasta casi las 22 horas. De 20 a 22 horas el viento empieza a descender y el consumo se mantiene. En este horario el consumo la demanda se podría abastecer de los dispositivos de almacenamiento u otra forma de generación de energía disponible. En Figura 13 se observa que de las velocidades registradas en el anemómetro de la ciudad de Posadas entre los meses de julio y noviembre se obtiene mejor producción de energía.



Figura 12. Consumo promedio de energía para el NEA. Fuente Cammesa



Figura 13. Variación horaria de la densidad de Potencia a 10 m de altura. Anemómetro del aeropuerto de la ciudad de Posadas.

CONCLUSIONES

En provincia existe en un 30 % del territorio una velocidad media anual del viento de 4,5 m/s a 30 m de altura (Tabla 2) , apta para el aprovechamiento eólico de baja y media potencia. Es muy marcada la variabilidad del viento en las diferentes estaciones del año sobre todo en las horas del día, echo que obliga si excepción, al almacenamiento en dispositivos para un suministro ininterrumpido de energía eléctrica. Como segunda alternativa, si se desea instalar un sistema descentralizado paralelo al de la red, a los efectos de ahorrar energía, la actividad industrial de producción se vería beneficiada con un ahorro de energía entre las 13 a 20 horas en las diferentes estaciones del año en las zonas cercanas a Posadas. Para media potencia el aerogenerador debería empezar a generar a los 2,5 m/s para el mayor aprovechamiento de la energía eólica como podría ser generadores intermedios según clasificación NREL (2010, Joroe van Dam), como ARE 442 de 10 KW con una velocidad de arranque de 2,2 m/seg. y velocidad de viento nominal de 11 m/seg. De aplicación en pequeños pueblos, sistemas híbridos y conectados a la red.

En cuanto al consumo descentralizado se debería limitar el uso de motores a fuerza motriz (trifásicos) a los efectos de que el arranque no perjudique al sistema de almacenamiento ni los diferentes dispositivos de conversión y rectificación de onda de eléctrica. En cuanto a emplazamiento de parques eólicos conectados a la Red Interconectada Nacional, la zona estudiar mas profundamente es al Sur Este de la provincia de Misiones. Se debería validar los vientos calculados el modelo WindMap con torres anemométricas de medición de potencial eólico durante por lo menos un año. Es propicio también, estudiar posibles emplazamientos procesando un modelo de Mesoescala Alfa, que tenga en cuenta efectos térmicos complejos con lo que se podría hallar sitios con velocidades medias anuales mas altas provocados por calentamiento de las masas de agua (lago Yacyreta) y/o vientos de montaña (sierras centrales).

REFERENCIAS

- Secretaria de Medio Ambiente del estado de Rio Grande do Sul (2002), <http://www.seinfra.rs.gov.br/index.php?menu=atlaseolico> (CDU: 62-67(816.5), SMARGS).
- Copel, (2007)([http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas do Potencial Eolico do Estado do Parana.pdf](http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf)) (ISBN 978-85-88519-03-9).
- NOOA, (2011) <http://ready.arl.noaa.gov/READYamet.php> (READY Archived Meteorology).
- Secretaria de Medio Ambiente del estado de Rio Grande Do Sul (2002)(SMA, RGS), <http://www.sema.rs.gov.br/>. GDAS (2011), <http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php>.
- Tony Bourton, David Sharpe, Nik Jenkis, Ervin Bosayi, (2001), Wind Energy Handbook, ISBN 0 471 48997 2 Erich Hau (2005), Wind Turbines' 2do edition, ISBN 13978 -3 - 540 - 24240 - 6
- Graciela Pedro, Héctor Mattio, Claudia Palese, Néstor Warchomicka y Jorge Lassig (2006) - RECURSO EOLICO DE LA Provincia del Neuquen - ISSN 0329-5184
- Aurelien Chantlot, Didier Delaunay, Tristan Clarenc, Daouda Koulibaly (2009), Wind resource assessment in forested and complex Terrain.
- Paritosh Bhattacharya (2010), CEM, Kolaghat, Midnapore, India, A study on weibull distribution for estimating the parameters, journals of applied quantitative methods.
- Shiu-Yeung Hui and Anthony Crockford (2007), M.Sc. Thesis Project at Technical University of Denmark, Wind Profiles and Forests Validation of Wind Resource Assessment Methodologies Including the Effects of Forests
- EEA Technical report, No 6/(2009). Europe's onshore and offshore wind energy potential
- National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard Golden, (1997) CO 80401, Wind Resource e Assessment Handbook.
- Dario Jackson Shulzt, Sergio Moreira Da Anunciacao, y otros (2007), ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO DO ESTADO DO PARANA.
- Odilon Camargo do Amarante, Fabiano J. Lima da Silva, Camargo Shubert (2002), RIO GRANDE DO SUL - ATLAS EÓLICO - ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SECRETARIA DE ENERGÍA, MINAS E COMUNICACIONES.
- Héctor Fernando Mattio, Fernando Tilca (2009). Recomendaciones para mediciones de velocidad y dirección de viento con fines de generación eléctrica, y medición de potencia eléctrica generada por aerogeneradores. CREE-iNECo-CoNiCET- UNSA. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011), - www.inpe.br
- NOAA - Air Resource Laboratory - (2011) READY Current & Forecast Meteorology - Archived Meteorological Data Extract - <http://ready.arl.noaa.gov/ready2-bin/extract/extracta.pl>
- Brower & Company (1998), The WindMap program help, 154 Main Street - Andover, MA 01810
- Joroen van Dam, (2010) NREL - National Renewables Energy Laboratory, Don Baker and David Jager -Wind Turbine Generator System Duration Test Report for the ARE 442 Wind Turbine, <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47203.pdf>

ABSTRACT. With statistical values of mean wind speed and numerical models the wind resource potential of the province of Misiones was estimated to determine the preliminary typology of wind turbines to be installed. The stability of the resulting average winds was also analyzed for the purpose of considering whether projects are suitable for grid connected or independent generation systems with energy storage devices. To this aim, the models developed georeferenced terrain relief and roughness length; data were processed with surface and high wind measurements and a three-dimensional non-divergent flow and mass conservation model ArgentinaMap-WindMap.

Keyword: wind power, renewable resources, wind, Misiones maps, wind resources on complex terrain and forest.