

RELEVAMIENTO EOLOELÉCTRICO DE LA LOCALIDAD DE RÍO GALLEGOS

Samela A.M.⁽¹⁾, Bahamonde P.J.⁽¹⁾, Naguil J.L.⁽¹⁾, Ñáñez E.R.⁽¹⁾, Sánchez H.R.⁽¹⁾, Calafiore C.A.⁽¹⁾, Bonfilii O.⁽²⁾, Queipul J.A.⁽¹⁾ y García D.J.⁽¹⁾

(1) Grupo de Investigaciones en Tecnologías Energéticas Renovables (GITER), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz, Av. De Los Inmigrantes 555 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, República Argentina, e-mail: adolfo.samela@frsc.utn.edu.ar

(2) Servicio Meteorológico Nacional, 25 de Mayo 658, 1002 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, omagal@smn.gov.ar, [http:// www.smn.gov.ar](http://www.smn.gov.ar)

RESUMEN

En este trabajo se expone un relevamiento del potencial del recurso eólico en inmediaciones de la localidad de Río Gallegos (Santa Cruz, República Argentina) para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica. Para ello se relevaron datos medios medidos por el Servicio Meteorológico Nacional, según normas internacionales, (datos de velocidad y dirección del viento a alturas de 10 metros) durante el periodo 1970-2009. Se aplicaron en el estudio métodos estadísticos de análisis de la información. Una vez recopilada la información se procesó obteniendo la densidad media de energía, distribución de frecuencias y rosa de vientos y se confeccionaron tablas y gráficos de la potencia extraíble por rango de valores de velocidad del viento. La dirección O predomina durante el otoño e invierno, mientras que la OSO lo hace durante el verano, y en la primavera tienden ambas a equilibrarse. En cuanto a la distribución de velocidades de vientos de superficie, se obtuvo que el promedio general anual es de 7,39 m/s. Las ráfagas máximas diarias, que pueden constituir un factor importante de estrés para un aerogenerador, suelen presentarse en horas del mediodía. La densidad de potencia obtenida, asociada a las características antes citadas de direccionalidad y estacionalidad, indican la posibilidad de obtención de buenos rendimientos para el aprovechamiento eléctrico del recurso eólico en esta zona.

Palabras Claves: Potencial eoloeléctrico, Río Gallegos, distribución de Weibull, rosa de vientos

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la región patagónica se han realizado algunos estudios exploratorios, a saber, en la Localidad de Puerto San Julián⁰¹, así como también un mapeo eólico de las provincias del Chubut⁰², La Pampa y el Neuquén⁰³, sumado al SIG Eólico Nacional⁰⁴, basado en modelizaciones a partir de imágenes satelitales, encarado por el Centro Regional de Energía Eólica (CREE) y el Ministerio de Planificación Nacional.

1.2 El recurso Eólico

Actualmente se busca aprovechar los recursos renovables para la generación de energía eléctrica, entre los cuales el viento es uno de los más estudiados y con mayor ritmo de

crecimiento a nivel mundial en cuanto a potencia de generación instalada. Pero el viento, al considerarlo como recurso energético y desde el punto de vista de su disponibilidad como suministro, es una fuente con sustanciales variaciones temporales, a pequeña y gran escala de tiempo, y espaciales, tanto en superficie como en altura, contando además con una componente aleatoria que afecta en gran parte a su variación total.

Las características locales del viento influyen de manera significativa en varios aspectos fundamentales relacionados con los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica:

- en la selección del emplazamiento más favorable para la instalación de los sistemas eólicos.

- en la estimación o previsión de la producción energética y del funcionamiento global del sistema eólico, dado que la energía eólica

disponible por unidad de área expuesta al viento es proporcional al cubo de la velocidad, por lo que pequeñas variaciones en la velocidad del viento conllevan sensibles variaciones en la energía suministrada, y por ende impacta en la rentabilidad del proyecto.

- en el diseño estructural del sistema, donde se tienen en cuenta las condiciones medias representativas y condiciones extremas de viento.
- en la operación y regulación del sistema eólico, donde intervienen aspectos como la predicción del viento para planificar el funcionamiento en tiempo real, así como características del viento que influyen en la estrategia de operación (arranque, parada, orientación) y factores que afectan al mantenimiento o vida útil del sistema (variabilidad en la dirección, ráfagas, superación de la velocidad de operación del aerogenerador).
Por los aspectos relatados, la evaluación y caracterización del régimen de vientos en un potencial emplazamiento de aerogeneradores es una instancia previa excluyente para la implementación de un proyecto de aprovechamiento eólico.

1.3.- Río Gallegos

Los vientos intensos son una característica distintiva del clima patagónico en general y de la provincia de Santa Cruz en particular, lo cual a priori torna a esta región potencialmente muy propicia para emprendimientos de generación eólica.

Desde el año 2006 se encuentra disponible el denominado SIG⁰³ Eólico, preparado por el Centro Regional de Energía Eólica de Chubut, en convenio con el Ministerio de Planificación Federal. Dicho sistema permite obtener en base a datos satelitales de dominio público y a modelos matemáticos un promedio anual de vientos en lugares de todo el país. Pero si bien el SIG-Eólico resulta de gran utilidad para la obtención orientativa de promedios anuales en los puntos de análisis, en el caso de la provincia de Santa Cruz se realizó el mapa sin validación con mediciones en superficie, como sí se hizo para el modelo más detallado de Chubut. Por esta razón, y por tratarse Río Gallegos de una ciudad relativamente grande, con una importante demanda de energía eléctrica, con grandes espacios llanos y despejados en sus alrededores que facilitarían la instalación de grupos de aerogeneradores, se la eligió para realizar la presente caracterización de su régimen de vientos, utilizando las mediciones de cuatro décadas provistas por el SMN.

La ciudad de Río Gallegos ($51^{\circ} 38' 18''$ S, $69^{\circ} 12' 46''$ O) está enclavada sobre la margen sur de la ría homónima, a 15 km de su desembocadura en el Océano Atlántico (ver figura 1). Su suelo es típico de la estepa patagónica, formado por arcillas cristalinas y alto contenido de áridos, predominando la vegetación arbustiva baja y espinosa, que adopta una asimetría en sus ramas o follaje que sugiere una dirección predominante de vientos intensos. Estos contribuyen también a la aridez imperante al favorecer la rápida evaporación.



Figura 1. Situación geográfica de la ciudad de Río Gallegos (a) y de la estación del SMN (b).

Este trabajo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se describen las características de los datos utilizados y la metodología seguida. En la sección 3 se analizan y discuten los datos estudiados. Y finalmente se realizan las conclusiones en la sección 4.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Datos

Se utilizaron datos provenientes de mediciones climatológicas horarias de la estación Río

Gallegos (51° 35' 54" S, 69° 19' 10" O) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, registradas de manera ininterrumpida en el periodo 1970-2009. El emplazamiento de esta estación se encuentra en el área rural que circunda la ciudad (figura 1b), a 6 km al Oeste de la misma, sin rugosidad significativa del terreno y alejada de construcciones que puedan perturbar el viento medido.

2.2 Análisis

Si bien el viento se trata de una magnitud vectorial, por lo general la velocidad (la magnitud del vector) y la dirección (orientación del vector) se tratan frecuentemente como variables independientes. Por esa razón, para la caracterización del recurso se realizaron dos tipos de distribuciones:

2.2.1 Distribución de direcciones

La distribución de direcciones de viento es de suma importancia a la hora de localizar las turbinas eólicas, para conocer la variabilidad direccional del régimen de vientos al que debe responder el sistema de orientación de la máquina.

La representación más utilizada para analizar la distribución de direcciones en un determinado sitio es la de la Rosa de los Vientos, que consiste en un diagrama circular que muestra los puntos cardinales, sobre los que se representan la frecuencia porcentual del viento y la distribución de velocidades medias para cada intervalo direccional durante determinados periodos de tiempo.

En este trabajo se realizó una Rosa de Vientos de la distribución total en el transcurso de cuarenta años. También se realizó una Rosa de Vientos relacionada con las intensidades medias para cada dirección, y luego otra con cada una de estas intensidades medias elevadas al cubo, debido a que la como la potencia extraíble de un aerogenerador es proporcional al cubo de la velocidad del viento, esta gráfica es más representativa sobre cuál es la dirección más energética.

2.2.2- Distribución de Velocidades

El conocimiento de la distribución de velocidades de viento permite determinar el potencial energético eólico disponible, además de su constancia temporal. Su estudio se basa en la velocidad media registrada en superficie en

forma horaria, medida a diez metros de altura, según norma internacional establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como estándar para la medición y seguimiento del viento.

Para realizar este análisis se confeccionó en primer lugar un histograma con la distribución porcentual general de velocidades.

La variación del viento en el emplazamiento estudiado se describe utilizando la Distribución de Weibull, la cual responde a la siguiente expresión:

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

f= Densidad de Frecuencia

v= velocidad del viento [m/s]

A= Parámetro de escala [m/s]

c= Parámetro de forma [k]

Se elaboraron gráficos complementarios, tales como frecuencias medias mensuales, porcentaje mensual de horas con calma, velocidades medias a anuales, velocidades medias horarias y distribución horaria de ráfagas máximas diarias

2.2.3 Densidad de potencia disponible en el viento

El recurso eólico en un sitio puede ser descrito a grandes rasgos por la velocidad media del viento, pero la densidad de potencia disponible en el viento proporciona una indicación más correcta del potencial de energía eólica de un sitio. La densidad de potencia WPD, es proporcional a la suma del cubo de la velocidad promedio a corto plazo del viento y la densidad del aire. Debido a este término cúbico, dos sitios con la misma velocidad promedio del viento pero con diferentes distribuciones pueden tener valores muy diferentes de densidad de potencia.

La densidad de potencia disponible en el viento, se calcula con la siguiente ecuación

$$WPD = \frac{1}{2n} \sum \rho(V)^3 [W/m^2] \quad (2)$$

n= número de registros

ρ = densidad del aire

V= Velocidad del Viento

La densidad del aire considerada fue la promedio de 1,18kg/m³.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Distribución de Direcciones

De los datos analizados para el periodo 1970-2009, se obtuvo la distribución porcentual de direcciones que se muestra en la tabla I, y que se representa gráficamente en la figura 2.

Dirección	%	Dirección	%
N	4,66	S	1,42
NNE	5,27	SSO	3,68
NE	3,71	SO	9,28
ENE	2,01	OSO	20,63
E	2,38	O	20,09
ESE	1,09	ONO	12,25
SE	1,00	NO	7,33
SSE	0,77	NNO	4,42

Tabla 1. Distribución anual de direcciones.

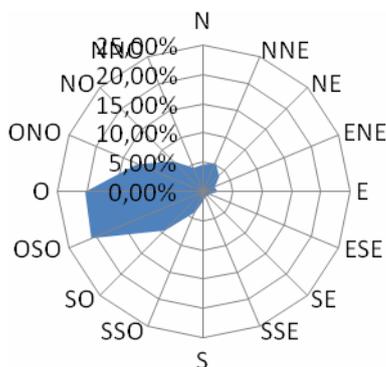
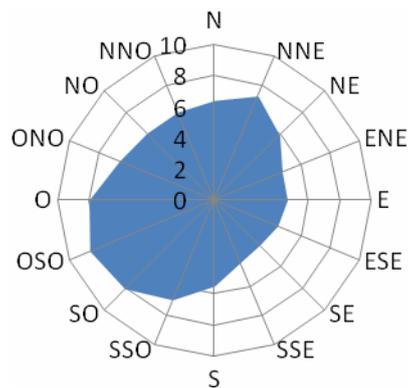
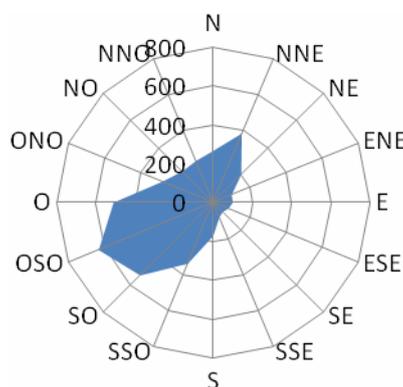


Figura 2. Rosa de Vientos anual para Río Gallegos.

Se realizó también una variante de la Rosa de Vientos representando las intensidades promedio características de cada punto cardinal (figura 3a) y su variante cúbica (figura 3b).



(a)



(b)

Figura 3. Rosa de los Vientos Anual de intensidades. (a) Velocidades media por direcciones [m/s] (b) Velocidades cúbicas [m³/s³].

3.2 Distribución de Intensidades

Se realizó un histograma con la frecuencia de las distintas velocidades de viento (figura 4), y luego el ajuste con la distribución de Weibull aplicada a este régimen (figura 5).

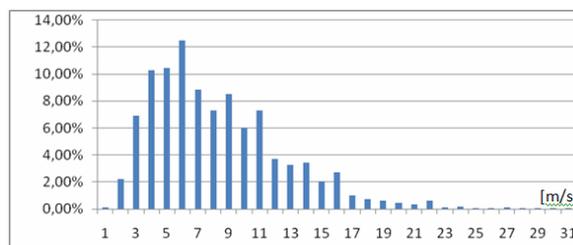


Figura 4. Distribución de Intensidades de Viento [m/s]

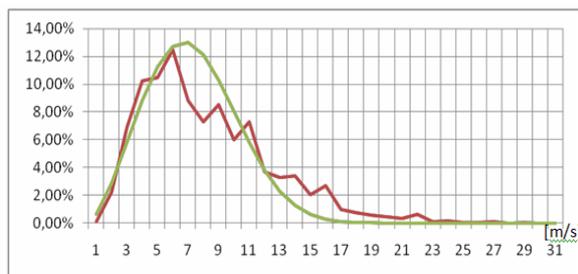


Figura 5. Distribución de Weibull ajustada [m/s]

Se determinó también la distribución promedio mensual de vientos (figura 6), el porcentaje mensual de horas con calmas (figura 7) y las velocidades promedio anuales (figura 8). Respecto a estas últimas, el promedio histórico anual de intensidad de viento resultó ser de 7,39 m/s.

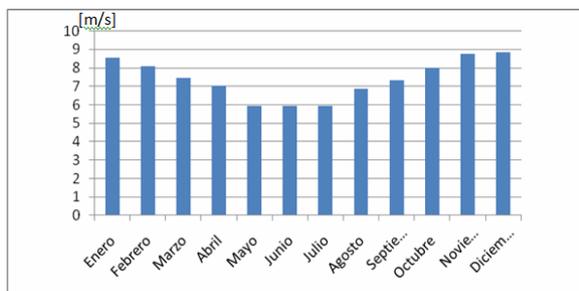


Figura 6. Distribución promedio mensual de vientos [m/s]

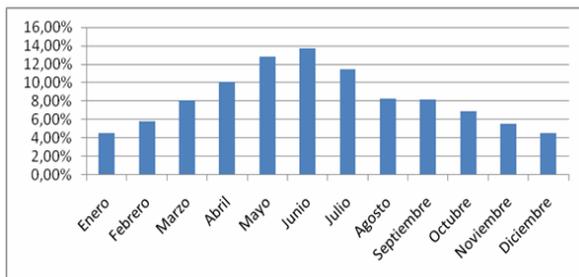


Figura 7. Porcentaje mensual de horas con Calmas

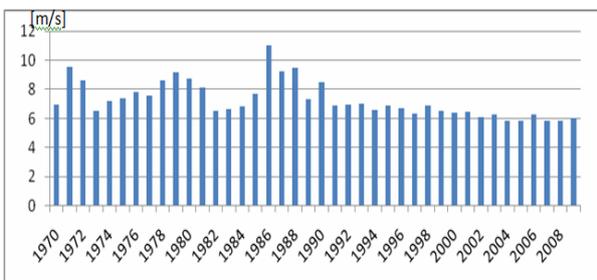


Figura 8. Velocidades medias anuales 1970-2009 [m/s]

Finalmente, se realizó el análisis horario, calculando cuál es la intensidad media para cada

hora del día (figura 9), y en qué hora del día se presentan las ráfagas máximas (figura 10). Tal como es estándar en las mediciones meteorológicas, las horas están expresadas en formato UTC.

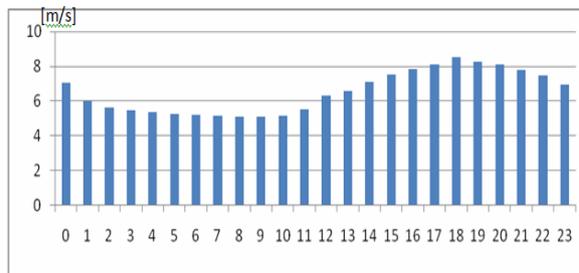


Figura 9. Velocidades medias horarias [UTC].

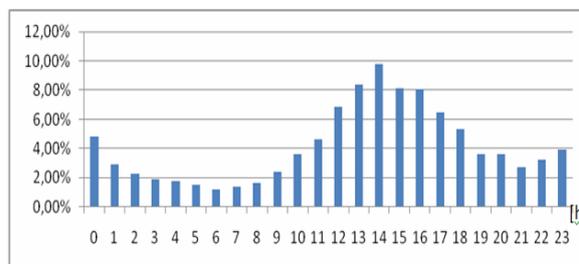


Figura 10. Distribución horaria de las ráfagas máximas diarias [UTC].

3.3 Densidad de Potencia

La densidad de potencia promedio anual (calculada con la fórmula 2) fue de $238,1 \text{ W/m}^2$, con una incertidumbre de 14%, con $127,4 \text{ W/m}^2$ para los meses invernales y $362,3 \text{ W/m}^2$ para los meses de primavera-verano.

Mientras que para la dirección más energética (OSO) la densidad de potencia promedio es de $351,5 \text{ W/m}^2$, con una incertidumbre de 13,8%.

4 – CONCLUSIONES

Las direcciones prevalecientes son el O y el OSO, predominando entre ambas en el 40,72% de las mediciones, mientras que si sumamos el ONO el porcentaje asciende al 53%, lo cual indica una dirección claramente preferencial desde ese cuadrante. Analizado estacionalmente, la dirección O predomina durante el otoño e invierno, mientras que la OSO lo hace durante el verano, y en la primavera tienden ambas a equilibrarse. En cuanto al potencial energético, de la figura 5 se desprende claramente que tanto OSO como NNE son las direcciones en que el viento presenta mayor intensidad, pero esta última, al tener una frecuencia de incidencia de

sólo el 5,27%, indica que la orientación preferencial para cualquier futuro emprendimiento eólico debe ser en dirección OSO.

En cuanto a la distribución de velocidades de vientos de superficie, se obtuvo que el promedio general anual es de 7,39 m/s. Se observa una cierta estacionalidad en estas intensidades: durante los meses invernales (Mayo, Junio y Julio) el promedio se encuentra levemente por debajo de los 6 m/s, mientras que en primavera-verano asciende por encima de los 8,5 m/s. Esta prevalencia veraniega se debe a que el mayor calentamiento de la superficie favorece la mezcla vertical de la atmósfera, y por ende el transporte de la cantidad de movimiento hacia la superficie desde capas altas, donde el viento siempre es mucho mayor. Respecto a las horas de calma, éstas constituyen el 8,33% del total, lo cual es bastante bajo y propicio para los aerogeneradores. A este respecto, los meses más restrictivos son los invernales (Mayo, Junio y Julio), en los que el porcentaje de horas de calma trepa hasta alrededor del 14%.

Observando la evolución de las medias anuales, queda patente que las décadas del 70 y del 80 tuvieron mayores promedios de intensidades de viento, pero desde los años 90 hasta la actualidad, se aprecia una tendencia hacia la estabilización de los valores, sin grandes dispersiones (como ocurrió a mediados de los 80), aunque con una leve tendencia a la disminución en las velocidades promedio.

Finalmente, en el análisis promedio horario cabe destacar que entre el mediodía y la media tarde se presentan las mayores intensidades, mientras que durante las madrugadas el viento suele declinar. Las ráfagas máximas diarias, que pueden constituir un factor importante de estrés para un aerogenerador, suelen presentarse en horas del mediodía.

La densidad de Potencia obtenida ($238,1 \text{ W/m}^2$), asociada a las características antes citadas de direccionalidad y estacionalidad, indican la posibilidad de obtención de buenos rendimientos para el aprovechamiento eléctrico del recurso eólico en esta zona.

5. REFERENCIAS

[01] “Energía Eólica para Puerto San Julián” – Estudio exploratorio – Rafael Oliva - 2008

[02] “C.R.E.E.”: Centro Regional de Energía Eólica, organismo de la provincia de Chubut, Patagonia., R. Argentina.

[03] “Evaluación del Recurso Eólico del Departamento Confluencia de la Provincia del Neuquen”; Publicada en la Actas de Reunión de XXVIII ASADES, San Martín de los Andes, 2 al 4 de Noviembre de 2005

[04] “SIG”: Sistema de Información Geográfica Nacional