

CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE VIENTOS EN LA CIUDAD DE RÍO GALLEGOS

Adolfo M. Samela^a, Pablo J. Bahamonde^a, Jorge L. Naguil^a, Eduardo R. Ñañez^a, Hugo R. Sanchez^a, Oscar J. Bonfili^b, Jesús A. Queipula^a y Diego J. García^a

^a*Grupo de Investigaciones Tecnológicas en Energías Renovables - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Cruz, Avenida de los Inmigrantes 669, 9400 Río Gallegos, Argentina, giter@frsc.utn.edu.ar, <http://www.frsc.utn.edu.ar>*

^b*Servicio Meteorológico Nacional, 25 de Mayo 658, 1002 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, omagal@smn.gov.ar, <http://www.smn.gov.ar>*

Palabras claves: Río Gallegos, Régimen de Vientos, Rosa de los Vientos, Distribución de Weibull.

Resumen. En este trabajo se exponen algunos estudios sobre la caracterización del recurso eólico en inmediaciones de la localidad de Río Gallegos situada en 51° 38' 18" S, 69° 12' 46" O. Para ello se relevaron datos medios horarios medidos por el Servicio Meteorológico Nacional durante el periodo 1970-2009. Se aplicaron métodos estadísticos de análisis de la información. Estas aportaron datos de velocidad y dirección del viento a alturas de 10 metros (entre otras variables) y se obtuvo por cálculo la densidad media de energía, distribución de frecuencias y rosa de vientos. Para el procesamiento se aplicaron métodos estadísticos. Las direcciones prevalecientes de los vientos son las provenientes del Oeste (O) y el Oeste-Suroeste (OSO), predominando entre ambas en el 40,72 % de las mediciones. 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 diferentes un aerogenerador, suelen presentarse en horas del mediodía.

1 INTRODUCCION

Este trabajo es parte de un proyecto mayor envergadura PID-UTN 907 “Mapeo Eólico de la Provincia de Santa Cruz” homologado por la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Tecnológica Nacional, en el cual se pretende evaluar el recurso eólico de la Patagonia Argentina entre la latitud 46° y 52° sur. Para ello se planteo relevar datos de campo de una red de medidores distribuidos en localidades del interior de la provincia. Procesar datos de Estaciones Meteorológicas Actuales e Históricas y aplicar métodos estadísticos de análisis de la información para seleccionar las áreas óptimas de aprovechamiento eólico. El propósito es obtener una amplia imagen del recurso eólico a lo largo de la geografía santacruceña.

1.1 Antecedentes

En la región patagónica ya se han realizado algunos estudios exploratorios, a saber, en la Localidad de Puerto San Julián (Oliva et al, 2008) en la provincia del Chubut, el C.R.E.E (Mattio et al, 2009) ha realizado un mapeo de algunas zonas patagónicas en base a modelos de simulación; en la Provincia de Neuquén (Warchomicka et al, 2005. En la provincia de Mendoza (Hualpa y Milani, 2007), se ha realizado un mapeo eólico de la provincia.

En otras regiones del planeta, se han realizado estudios significativos en el tema: en Andalucía (Viedma Muñoz M., 1998), en el estrecho de Gibraltar (Palomares Losada A. M., 2002), en Colombia (IHMEA, 2005) y en Venezuela (Rodríguez y González Longatt, 2007), entre otros.

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:

1. en la selección del emplazamiento más favorable para la instalación de los sistemas eólicos.
2. 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.
3. en el diseño estructural del sistema, donde se tienen en cuenta las condiciones medias representativas y condiciones extremas de viento.
4. 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 SIG Eólico, preparado por el Centro Regional de Energía Eólica de Chubut, (Mattio et al, 2009) 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, 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.

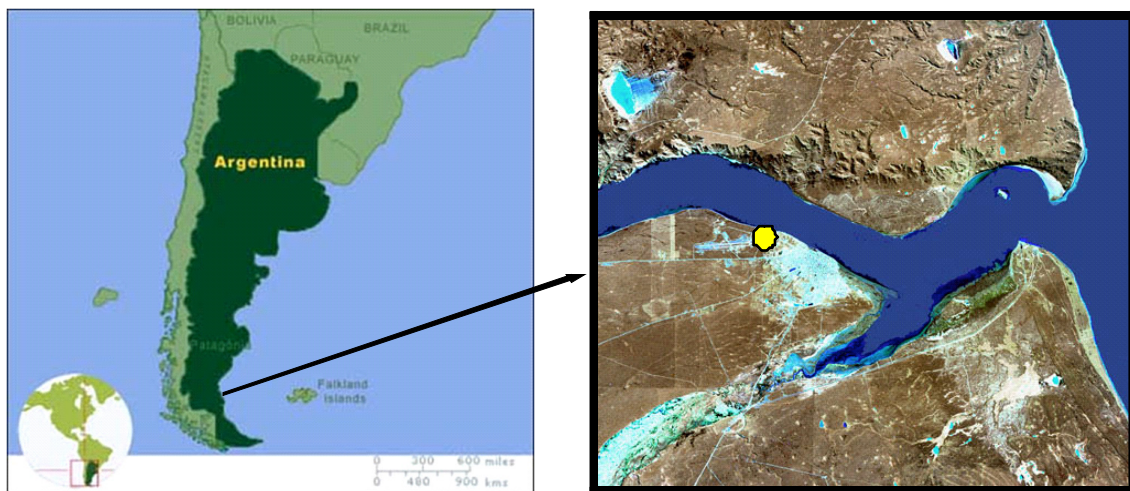


Figura 1: Situación geográfica de la ciudad de Río Gallegos y de la estación del SMN

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 los datos estudiados. Y finalmente se realizan las conclusiones en la sección 4.

2 METODOLOGIA

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 1](#), 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:

2.3 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, y las correspondientes a los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre, representativas de cada una de las estaciones del año. 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.

2.4 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 expresión (1).

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

Donde:

- f= Densidad de Frecuencia
- v= velocidad del viento [m/s]
- A= Parámetro de escala [m/s]
- c= Parámetro de forma k

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

3 RESULTADOS

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 1](#), y que se representa gráficamente en la [Figura 2](#). También se realizaron gráficas de Rosa de Vientos para cuatro meses representativos de las estaciones (Enero, Abril, Julio y Octubre), representados en la [Figura 3](#).

Dirección	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
%	4,66	5,27	3,71	2,01	2,38	1,09	1,00	0,77

Dirección	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
%	1,42	3,68	9,28	20,63	20,09	12,25	7,33	4,42

Tabla 1: Distribución Anual de Direcciones

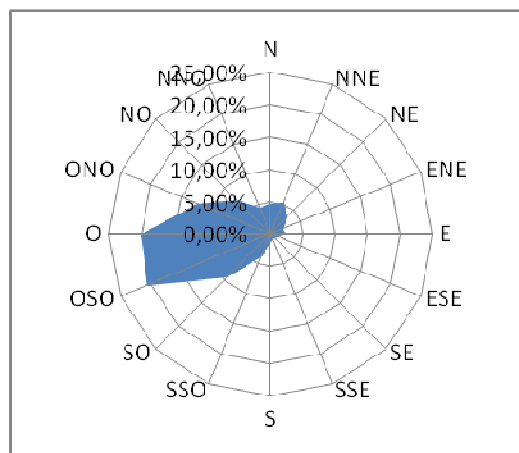


Figura 2: Rosa de Vientos anual para Río Gallegos

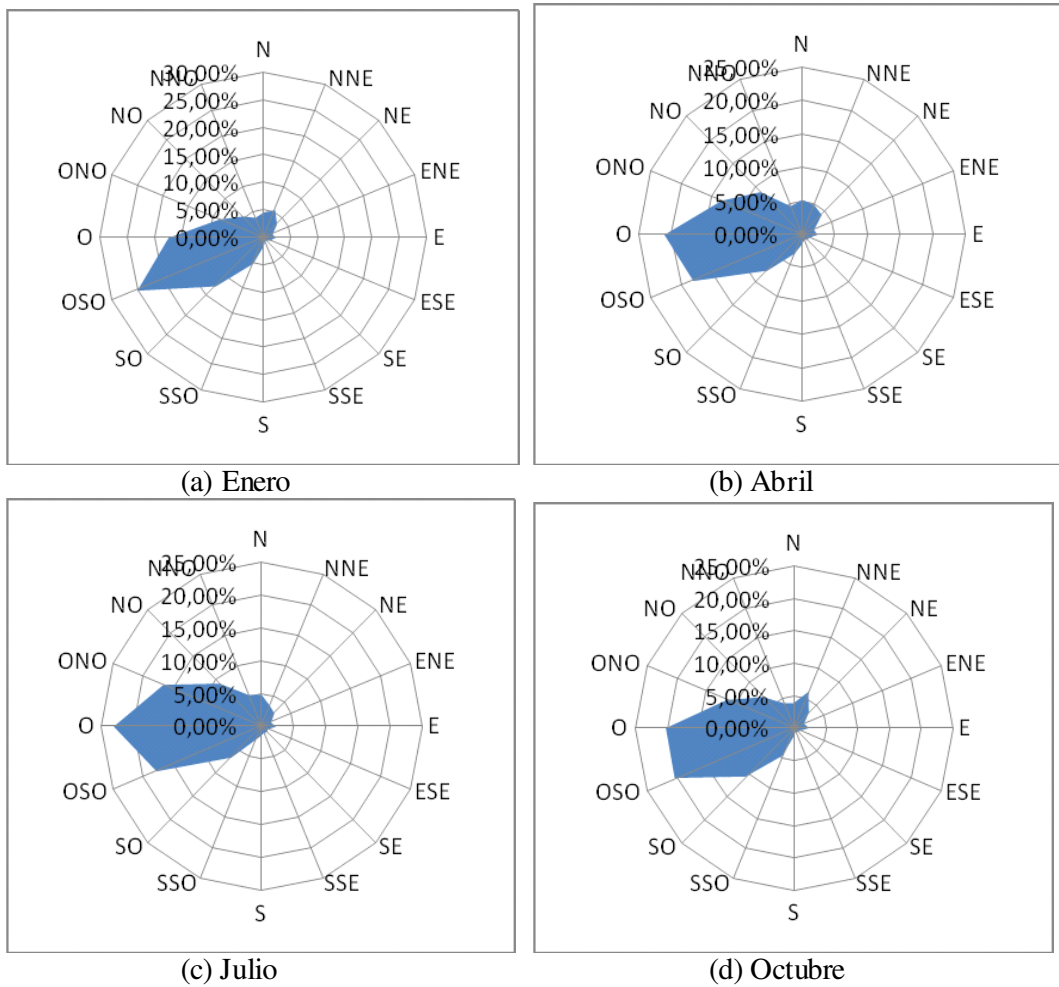


Figura 3: Rosa de Vientos frecuencia

Se realizó también una variante de la Rosa de Vientos representando las intensidades promedio características de cada punto cardinal, [Figura 4a](#), y su variante cúbica, [Figura 4b](#).

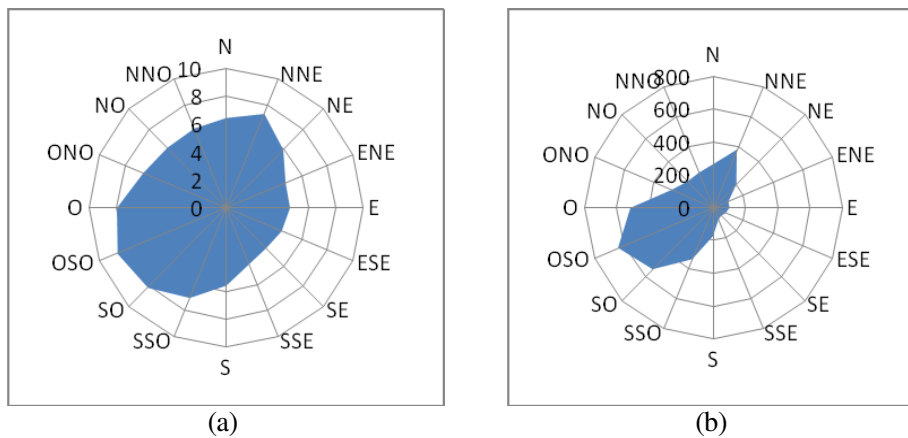


Figura 4: Rosa de los Vientos Anual de intensidades. (a) Velocidades media por direcciones [m/s] (b) Velocidades cúbicas [(m/s)³].

3.2 Distribución de direcciones

Se realizó un histograma con la frecuencia de las distintas velocidades de viento, [Figura 5](#), y luego el ajuste con la distribución de Weibull aplicada a este régimen, [Figura 6](#).

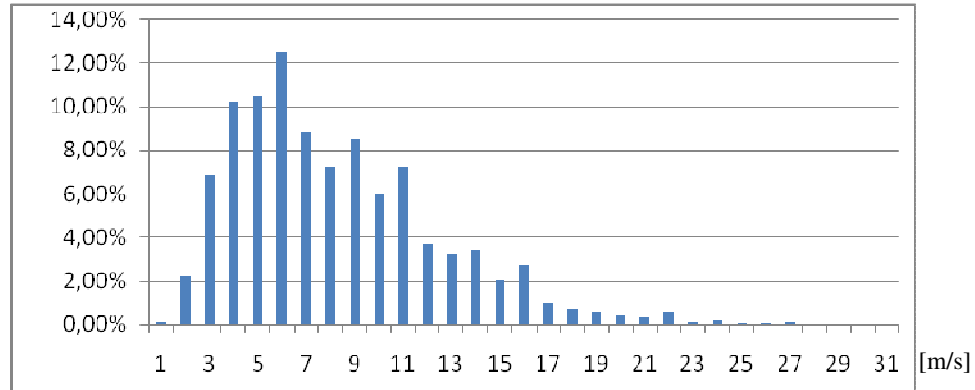


Figura 5: Distribución de Intensidades de Viento.

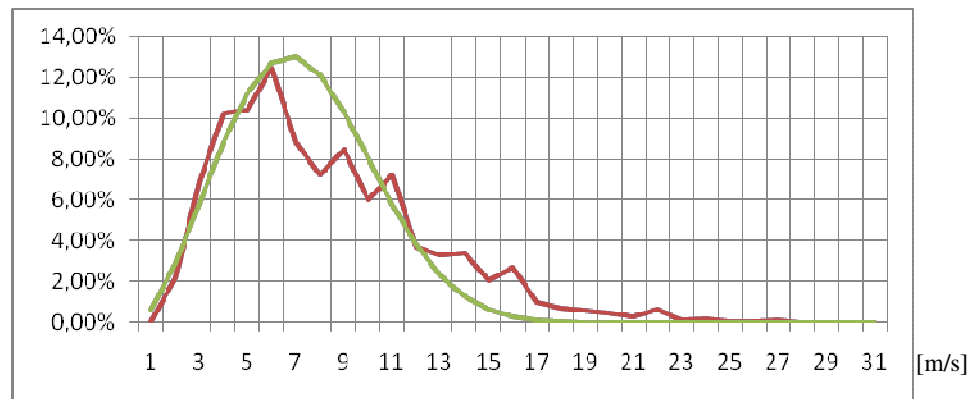


Figura 6: Distribución de Weibull ajustada.

Se determinó también la distribución promedio mensual de vientos, [Figura 7](#), el porcentaje mensual de horas con calmas, [Figura 8](#), y las velocidades promedio anuales, [Figura 9](#). Respecto a estas últimas, el promedio histórico anual de intensidad de viento resultó ser de 7,39 m/s.

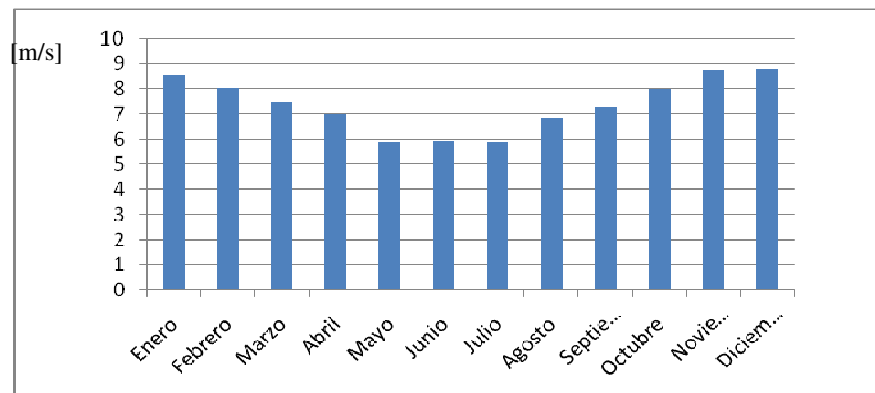


Figura 7: Distribución promedio mensual de vientos.

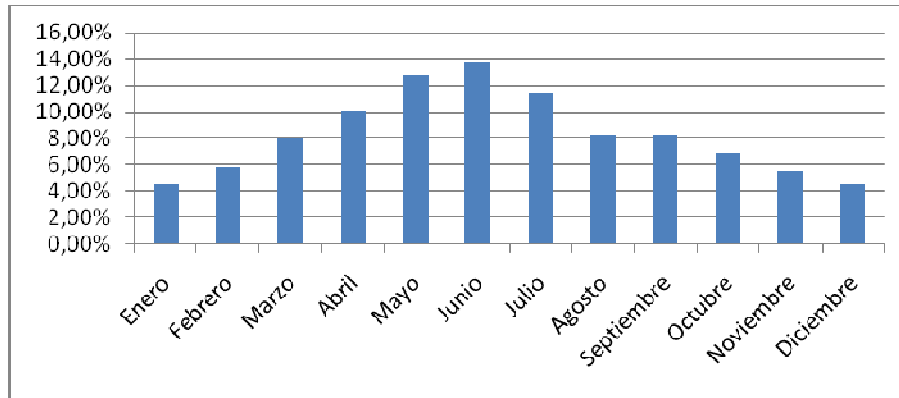


Figura 8: Porcentaje mensual de horas con Calmas.

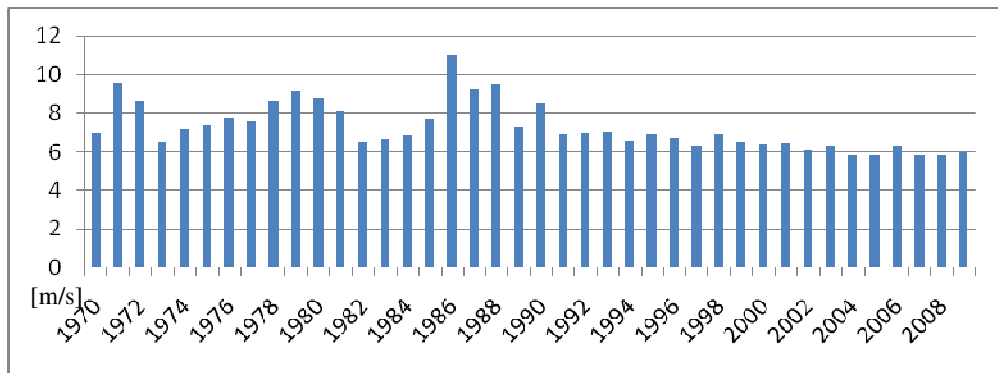


Figura 9: Velocidades medias anuales 1970-2009

Finalmente, se realizó el análisis horario, calculando cuál es la intensidad media para cada hora del día, [Figura 10](#), y en qué hora del día se presentan las ráfagas máximas, [Figura 11](#). Tal como es estándar en las mediciones meteorológicas, las horas están expresadas en formato UTC.

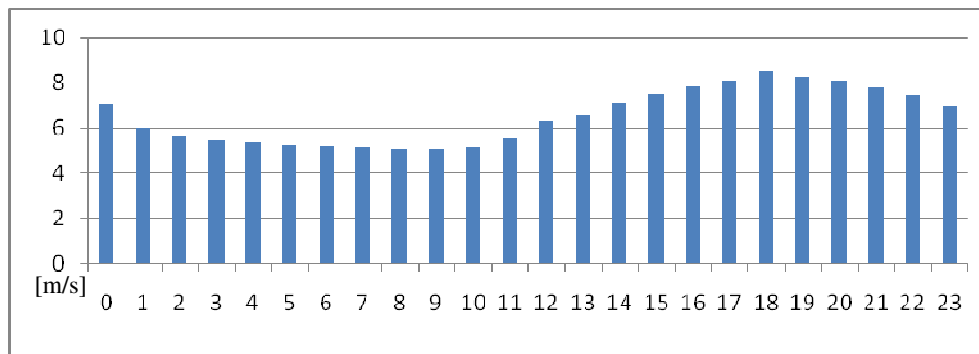


Figura 10: Velocidades medias horarias [UTC].

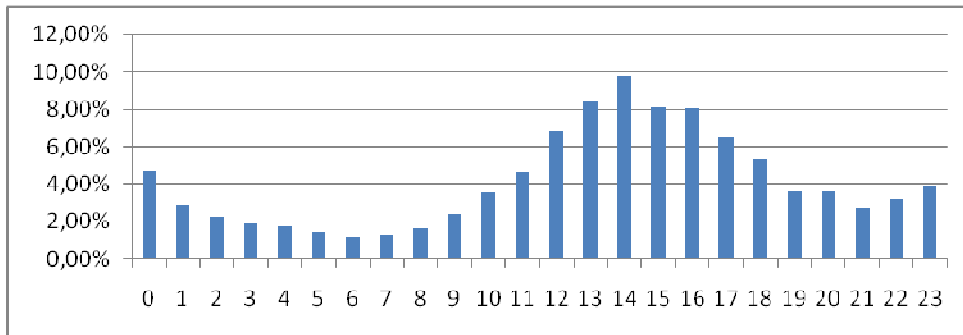


Figura 11: Distribución horaria de las ráfagas máximas diarias [UTC].

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.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo esta soportado por fondos de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Tecnológica Nacional bajo el código PID-UTN 907 “Mapeo Eólico de la Provincia de Santa Cruz”. A demás los autores agradecen a las autoridades y personal del Servicio Meteorológico Nacional por la predisposición y autorización para el acceso de los datos meteorológicos de la localidad de Río Gallegos.

REFERENCIAS

- Hualpa, F. y Milani F., Mapa Eólico de la Provincia de Mendoza – Evaluación del Potencial Eólico y Pronostico de Rendimiento, Instituto Regional de Estudios Sobre Energía, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Marzo 2007
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, Unidad de Planeación Minero Energética del Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, 2005.
- Mattio H., Jones R., Mapa Eólico de la Provincia de Chubut, Centro Regional de Energía Eólica (C.R.E.E.), <http://www.eolica.com.ar>.
- Oliva R., Lescano J. y González J., Energía Eólica para Puerto San Julián – Estudio exploratorio, Reporte Técnico Municipalidad de Puerto San Julián, Mayo 2008
- Palomares Losada A. M., Caracterización del Régimen de Vientos y Desarrollo de un Modelo de Predicción Eólica a Escala Local en el Estrecho de Gibraltar, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid 2002
- Rodríguez A. y González Longatt F., Ponderación de Variables Climáticas en Maracay para Uso Eólico, Grupo: Fuentes Alternas de Energía y Generación Distribuida, Febrero 2007.
- Viedma Muñoz M., Análisis de las Direcciones de los Vientos en Andalucía, NIMBUS N° 1, Pags. 153-168, 1998.
- Warchomicka N., Palese C., Pedro G., Mattio H. y Lassig J., Evaluación del Recurso Eólico del Departamento Confluencia de la Provincia del Neuquén, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, 2005.