

# **SITUACIONES METEOROLÓGICAS DESFAVORABLES PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA EOLICA EN SAN JULIAN, PROVINCIA DE SANTA CRUZ**

**Federico Otero<sup>a</sup>, Bibiana Cerne<sup>a,b</sup>, Claudia Campetella<sup>a,b</sup>**

*<sup>a</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos*

*<sup>b</sup>Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera  
UMI-IFAECI/CNRS FCEN – UBA – CONICET*

**Palabras Claves:** viento en Patagonia, variabilidad del viento, energía eólica, situaciones sinópticas asociadas de vientos extremos

**Resumen.** En este trabajo se estudiaron las situaciones meteorológicas asociadas a eventos de viento extremo en la región Patagónica con el fin de determinar la configuración de aquellos eventos desfavorables para la generación de energía eólica es decir, casos de viento que puedan superar la velocidad de corte de los aerogeneradores. Para ello se utilizó la base de datos de San Julián Aero, ubicada en la provincia de Santa Cruz, como estación de exploración. Con 18 años de datos horarios se realizó, en primer lugar, un análisis estadístico básico de los datos del período de estudio a modo de describir el comportamiento del viento en dicha estación. Luego se consideraron las intensidades que superan los  $24 \text{ ms}^{-1}$ , correspondientes al percentil 99.5 de la distribución de Weibull. Para seleccionar los casos, que además de extremos presenten persistencia, se eligieron aquellos con al menos 5 mediciones, consecutivas o no, en 24 horas que cumplan el criterio. Luego se estudiaron las situaciones del tiempo asociadas a dichos casos, resultando ser la más frecuente un sistema de baja presión ubicado al sur de Tierra del Fuego, o bien en la región de las Islas Malvinas.

## 1 INTRODUCCIÓN

La energía eólica es la energía renovable, de bajo impacto ambiental, que más dinamismo ha tenido a nivel global en las últimas décadas. Para que este recurso ingrese o no a la matriz energética es necesario conocer, en primera instancia, si la intensidad del viento en la región se encuentra dentro del rango en que los aerogeneradores producen energía. La instalación de parques eólicos requiere de un riguroso estudio de la intensidad del viento a la altura del molino. [Otero y otros \(2012b\)](#) muestran que, dada la alta correlación entre la variabilidad de la velocidad del viento a 10 m y la variabilidad a 50, 60 y 70 m, es posible, en una primera aproximación, estudiar los casos desfavorables para la producción de energía, es decir situaciones de de calmas y de viento intenso, a partir de la información medida a 10 m.

El objetivo del presente trabajo es realizar un estudio de aquellas situaciones del tiempo que puedan producir velocidades de viento que superen el valor de corte de los aerogeneradores, siendo esta situación desfavorable para la producción de energía.

## 2 INFORMACION UTILIZADA

Se trabajó con la serie de datos horarios de viento a 10 metros, proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la estación meteorológica San Julián Aero (49°19'S ; 67°50'O) ubicada en la provincia de Santa Cruz a una altura de 2 m sobre el nivel del mar. La serie completa presenta un total de 165227 datos los cuales se muestran en Hora Oficial Argentina (HOA).

Para el análisis de las situaciones sinópticas asociadas a vientos extremos se utilizaron los mapas de presión a nivel medio de mar del NCEP-DOE *Reanalysis 2* correspondiente a la NOAA Earth System Research Laboratory ([Kanamitsu y otros 2002](#)).

## 3 SELECCION DE CASOS

### 3.1. El viento en San Julián

A partir de la serie de datos consistida ([Otero 2012a](#)) se calculó la velocidad media del viento que resultó de  $7.91 \text{ ms}^{-1}$  presentando un desvío estándar de  $5.025 \text{ ms}^{-1}$ , muestra de la gran variabilidad en la intensidad del viento en esta zona. En cuanto al ciclo anual ([Figura 1.a](#)), se observan valores máximos en los meses de verano ( $8,66 \text{ ms}^{-1}$ ), mínimos en los meses de invierno ( $7.1 \text{ ms}^{-1}$ ) y dos máximos relativos en Abril y Julio. La intensidad media anual ([Figura 1.b](#)) muestra un notorio aumento en la intensidad del viento entre 1995 y 1997 (llegando a valores cercanos a  $9,75 \text{ ms}^{-1}$ ). Luego se observa una fuerte disminución entre 1997 y 1998 de  $2.38 \text{ ms}^{-1}$ , momento a partir del cual oscila entre  $6.9$  y  $8,5 \text{ ms}^{-1}$ . Con respecto a las calmas, se encontraron 13.224 datos (8.45% del total de datos) en los 18 años de la serie, la distribución de frecuencias porcentuales mensuales se muestra en la [Figura 2.a](#) donde se puede observar que la mayor ocurrencia se presenta principalmente durante el otoño y a principios de invierno, con una frecuencia máxima de las mismas en el mes de Junio mientras que, durante primavera y verano la frecuencia de calmas disminuye presentando un mínimo en el mes de noviembre acorde al período de mayor intensidad del viento mensual como se observa en la [Figura 2](#).

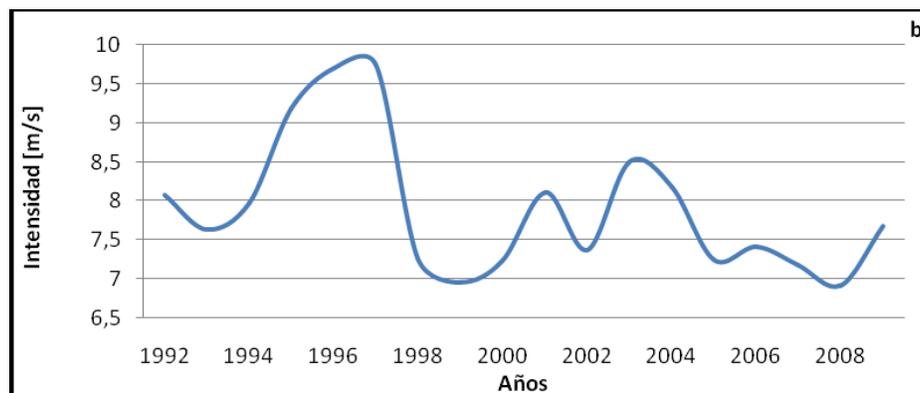
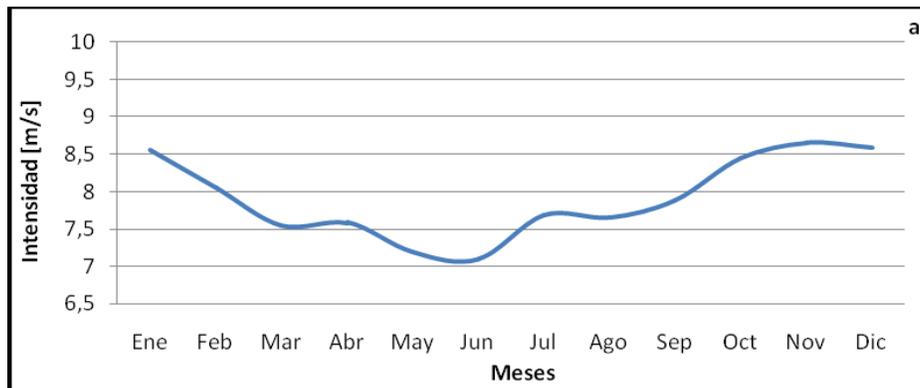


Figura 1. Intensidad media del viento (1992-2009) a) mensual, b) anual, en  $ms^{-1}$

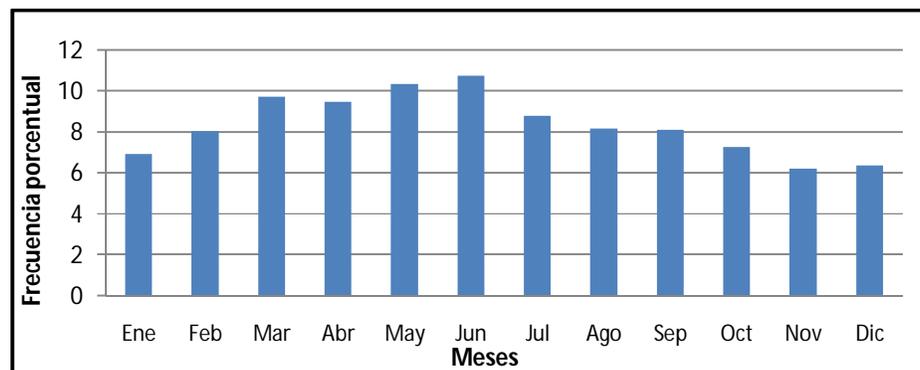


Figura 2. Histograma de frecuencias porcentuales de calmas por mes.

Existen dos posibles situaciones en las cuales la producción de energía eólica se ve afectada. Una de ellas se da en presencia de calmas, debido a que la intensidad del viento puede no superar la velocidad de conexión del aerogenerador. La otra situación se produce cuando la velocidad del viento, a la altura de las aspas, supera la velocidad de corte del aerogenerador, que suele ser de  $24 \text{ ms}^{-1}$  dependiendo del tipo de molino. En este trabajo se desea analizar este último caso, dejando el análisis de las calmas para futuros estudios. Dado que se utiliza la información de velocidad de viento a 10 m y no a la altura del aerogenerador se asume que si el viento es muy fuerte en superficie también lo será a nivel de la torre con un buen grado de correlación (Otero 2012a). Hechas estas aclaraciones se propone como criterio seleccionar los eventos de vientos extremos en los cuales la intensidad sea mayor ó igual a  $24 \text{ ms}^{-1}$ , valor que clasifica en el percentil 99,5 de la distribución de Weibull de velocidad de

viento (Figura 3).

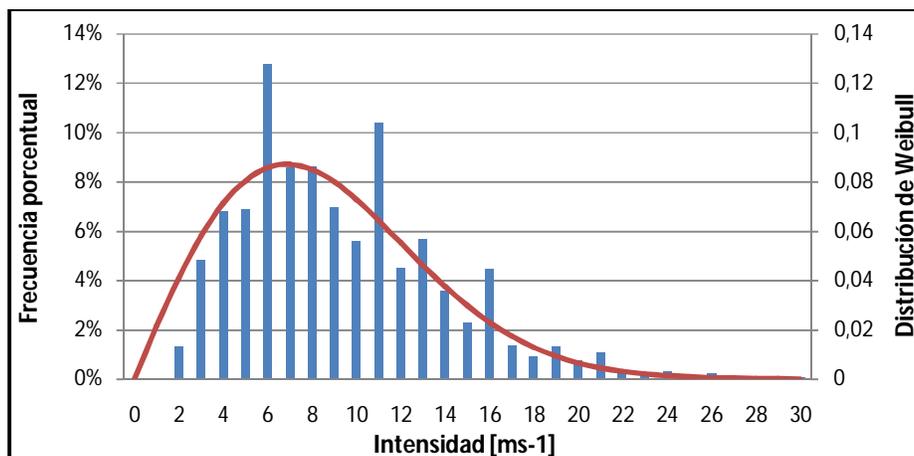


Figura 3. Distribución del viento empírica (barras) y función de distribución de Weibull con  $\langle v \rangle = 7.91 \text{ ms}^{-1}$  (línea llena), parámetro de escala  $c = 9.77$  y parámetro de forma  $k = 1.98$ .

Por otro lado será necesario elegir un criterio en cuanto a la duración de estos casos extremos de manera tal que no sean considerados aquellos que puedan ser el resultado de ráfagas totalmente aleatorias y si considerar aquellos casos que puedan estar asociados a sistemas de tiempo que presentan cierto grado de persistencia en los vientos extremos en esta región (se debe tener en cuenta que los datos proporcionados son datos horarios por lo que la duración de los mismos será tomada como la cantidad de registros horarios que presenta el evento sin poder asegurar la continuidad del mismo entre mediciones sucesivas). Al analizar el total de datos extremos se obtuvo un total de 638 de los cuales 47.6% (109 datos) resultaron ser eventos con un único registro horario en 24 hs, 18.34% (42 datos) con dos, 8.30% (19 datos) de tres, 8.73% (20 datos) de cuatro y un 17.03% (38 datos) presentaron más de 5 registros horarios en 24 horas. Con el fin de obtener una cantidad suficiente de datos para analizar y haciendo énfasis en situaciones de larga duración de eventos con vientos extremos, que perjudicarían la producción de energía por largo tiempo, se seleccionó el criterio último, es decir, al menos 5 mediciones en 24 horas, con un total de 42 casos en el período de estudio.

El análisis de la distribución mensual de dichos casos (Figura 4a), muestra que la mayor frecuencia de ocurrencia (63.95%) ocurre en el período cálido (octubre a marzo). Este resultado está de acuerdo con el desplazamiento hacia el sur de los anticiclones subtropicales durante el período estival, desplazando el máximo de vientos del oeste hacia latitudes más altas. En cuanto a la distribución anual de casos (Figura 4b), se observa que la mayor cantidad de valores extremos se encuentran en los años 1996-1997, patrón que coincide con el fuerte aumento en la velocidad media anual durante este período, mostrado en la Figura 1.b. Además se puede observar un decaimiento progresivo en la cantidad de casos de viento extremo entre 1996-1999, pasando de 7 casos en 1996 a solo 2 casos para el año 1999. No se detectaron eventos con las características propuestas a partir del año 2005. Este comportamiento debe ser analizado con mayor rigurosidad y será motivo de futuros trabajos.

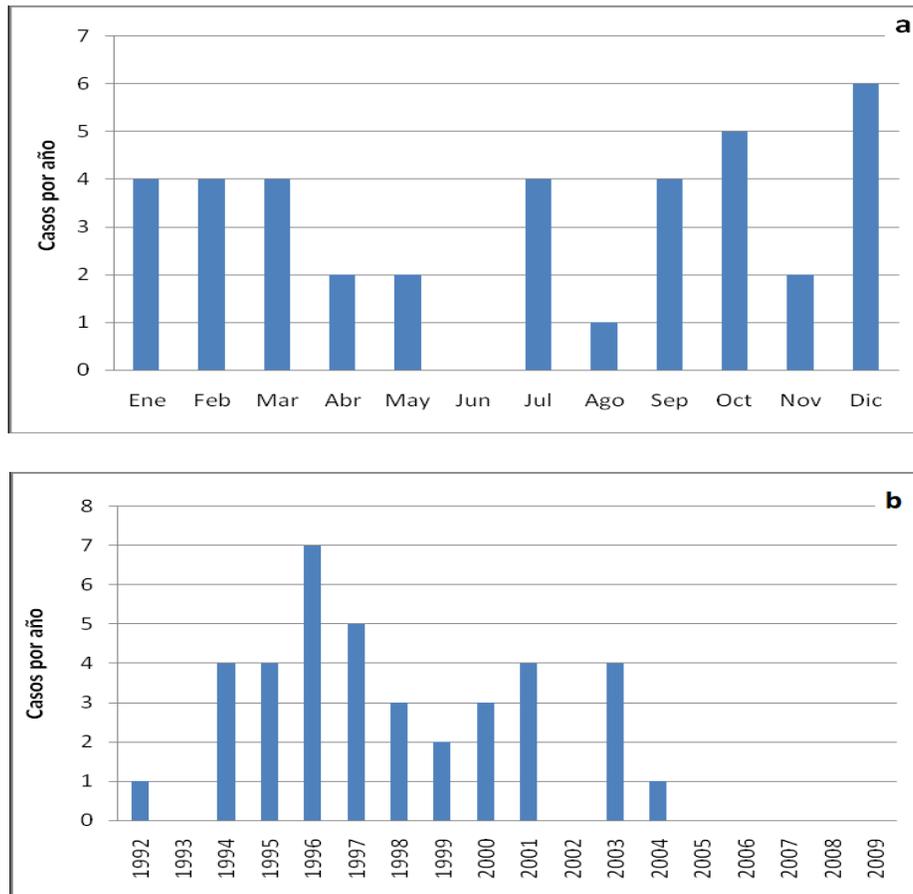


Figura 4. Distribución de frecuencia de los casos seleccionados a) mensual, b) anual, en  $ms^{-1}$

Luego se realizó un análisis de las distribuciones de duración de estos eventos según la cantidad de registros horarios que superaron el valor umbral durante un mismo evento del tiempo. La mayoría de los casos (58%) tienen una duración de entre 5 y 9 registros. Los eventos que presentaron entre 10 y 14 registros representan el 18% de los casos y entre 15 y 19 registros el 11%. Además, existe un gran porcentaje de casos (13%) de largas duraciones, incluso mayores a 20 registros.

### 3.2 Las situaciones del tiempo asociadas a vientos extremos

A partir de los 38 eventos encontrados, según el criterio descrito en el punto 3.1, se analizó la circulación de la atmósfera en niveles bajos con el fin de determinar algunos patrones característicos. Se encontró que 37 casos corresponden con el desarrollo de ciclones de los cuales 27 se desarrollan en el Pasaje de Drake y el Atlántico Sur, mientras que los 10 restantes se intensifican cerca de las Islas Malvinas. En la mayoría de los casos la dirección predominante del viento es del oeste-sudoeste, el único caso encontrado durante el período de estudio en el que el viento es del sector norte, corresponde a un patrón de circulación asociado a la presencia de un anticiclón migratorio posicionado al este de la costa sur de la provincia de Buenos Aires el día 20 de julio de 1997 (Figura no mostrada). Es importante destacar además, que de estos 38 eventos, 8 casos presentaron vientos extremos, en la estación, durante más de 10 registros horarios. A modo de ejemplo, la Figura 5 muestra la presión a nivel medio del mar para un evento en el cual el viento cumplió el criterio durante más de 19

registros. Éste corresponde al desarrollo e intensificación de un sistema de baja presión sobre Tierra del Fuego y Malvinas.

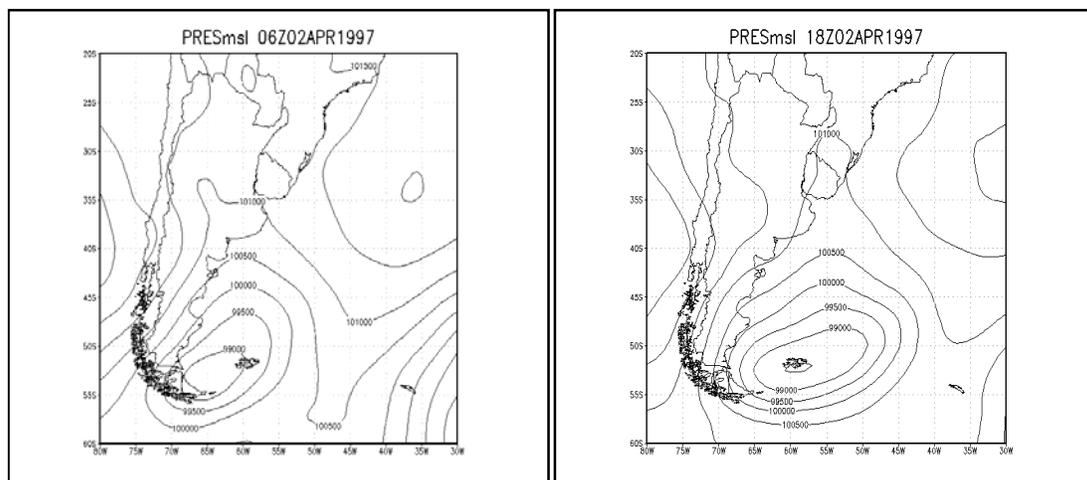


Figura 3. Presión a nivel medio del mar, para las 06Z (izquierda) y 18Z (derecha) del 2 de Abril de 1997.

## CONCLUSIONES

Debido a que las series de velocidad de viento medido en torres no son lo suficientemente largas, como para permitir un correcto análisis estadístico de la variabilidad del viento a la altura de los aerogeneradores, se propone utilizar la serie de viento medido a 10 m. En el presente trabajo se exploraron 18 años de información horaria del viento en la estación San Julián Aero, Patagonia sur, con énfasis en aquellas situaciones del tiempo que dieron lugar a vientos desfavorables para la producción de energía eólica.

Se encontraron 38 eventos de situaciones de tiempo con vientos mayores a  $24 \text{ ms}^{-1}$  que presentaron al menos 5 registros horarios consecutivos o no. Dichos extremos son más frecuentes durante el verano y están asociados a sistemas ciclónicos que se desarrollan en el Pasaje de Drake y el Atlántico Sur, o bien que se intensifican en la región de las islas Malvinas. Se encontró un único caso que produjo vientos muy fuertes del sector norte, relacionado con un anticiclón migratorio.

Los años 1996-1997 fueron particularmente intensos, afectando fuertemente la distribución de velocidad media anual. Por otro lado, se observó un fuerte decaimiento en la cantidad de eventos de viento extremo entre los años 1996-1999. Notoriamente, a partir del año 2005, no existen casos que cumplan con las características de viento propuestas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al SMN por facilitar la información meteorológica utilizada. El presente trabajo fue financiado con los proyectos UBACyT: ES02, 20020100100434 y 20020090200607.

## REFERENCIAS

Otero F., Cerne B., Campetella C. Analisis preliminar de la variabilidad del viento en San Julian, *CONGREGMET XI*, 15 pag. Mayo 2012a

Otero F., Cerne B., Campetella C, Analisis preliminar del viento en San Julian medido en cuatro niveles cercanos a superficie, *CONGREGMET XI* 5 pag, Mayo 2012b  
Kanamitsu,K., Ebisuzaki,W., Woollen,J., Yang, S-K., Hnilo, J.J., M. Fiorino,M., Potter. G.L.,NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2): 1631-1643, *Bulletin of the American Meteorological Society* , Nov 2002