

## **SISTEMAS EÓLICOS E HÍBRIDOS – MEDICIONES Y SIMULACIONES PARA SU DISEÑO TENIENDO EN CUENTA LA VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL RECURSO EN PATAGONIA**

R.Oliva , J.R. Lescano, P.Triñanes, N.Cortez.

Área Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

Lisandro de la Torre 1070 - 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: micro-en@unpa.edu.ar

**RESUMEN:** El presente trabajo presenta algunas de las aplicaciones principales de sistemas eólicos e híbridos (diesel-eólico) para suministro eléctrico en ubicaciones remotas de Patagonia Sur (Santa Cruz y Chubut) como así también simulaciones y mediciones eléctricas y del recurso realizadas sobre algunos de estos sistemas en los últimos años. Este tipo de sistemas ofrece una solución para muchos usuarios que requieren suministro continuo de energía eléctrica pero evitando el uso continuo de motogeneradores convencionales, o para usuarios de sistemas de comunicación remota o estaciones de control en industrias extractivas. La variabilidad estacional de los vientos y algunas restricciones técnicas de los equipos comúnmente disponibles imponen algunas limitaciones en el diseño de estos sistemas de generación, y se requiere un procedimiento detallado de selección de componentes para lograr resultados confiables. La utilización combinada de mediciones sobre sistemas existentes con simulaciones realizadas en base a programas de acceso libre como el HOMER de NREL(National Renewable Energy Laboratories, Colorado, EE.UU.) permite mostrar y comparar alternativas técnico-económicas antes de encarar inversiones en la instalación de equipos, lo cual hace más viable la implementación de éstas tecnologías.

**Palabras clave:** energía eólica, mediciones, sistemas híbridos, simulación, adquisición de datos.

### **INTRODUCCION**

La utilización de sistemas eólicos, solares e híbridos para aplicaciones de carga de baterías en sistemas aislados de baja a media potencia se extiende en forma progresiva, siendo la alternativa eólica la de mayor difusión en Patagonia Sur por la abundancia del recurso. Algunas barreras (costos iniciales elevados, falta de redes de mantenimiento) se han ido removiendo a través de programas con apoyo internacional como el PERMER (Proyecto de Electrificación Rural con Energías Renovables, con apoyo del GEF y el Banco Mundial). El apoyo gubernamental a través de las provincias ha tenido matices variables, aunque ha sido muy importante en Chubut a través del Centro Regional de Energía Eólica (dependiente de la Dirección General de Energías Renovables de la Provincia) que ha tenido un protagonismo central en la implementación de estos programas. En Santa Cruz ha sido mayor el protagonismo de los Municipios (caso de Pico Truncado) o de las Agencias de Desarrollo Local (caso de San Julián) en el fomento de los sistemas de energía renovable. Las realidades poblacionales son asimismo bastante distintas, con una mayor la densidad de comunidades unifamiliares rurales y escuelas en Chubut, siendo esta densidad muy baja en Santa Cruz. Para las comunidades unifamiliares, se suelen instalar sistemas exclusivamente en 12VCC para cargas de iluminación con una potencia limitada a 1kW. Para el caso de escuelas, puestos sanitarios y otras aplicaciones que requieren mayor potencia, las instalaciones se realizan mayormente con inversores de 24 o 48VCC a 220VCA, para potencias mayores hasta los 10kW.

En cuanto a la disponibilidad de tecnología local para estos sistemas, la situación ha ido variando a lo largo de la última década. Desde mediados de los '90 algunas empresas nacionales han desarrollado modelos locales de aerogeneradores con imanes permanentes, integrando progresivamente a su producción los elementos electrónicos requeridos (en especial reguladores e inversores), con escaso o nulo apoyo oficial. A partir de la crisis de 2001, la sustitución de importaciones ha expandido esta industria aunque todavía la mayoría de los sistemas muestra problemas de confiabilidad y control de calidad.

### **VARIABILIDAD DEL RECURSO**

El recurso eólico en Patagonia Sur presenta una variabilidad estacional importante con una notable disminución en época invernal, como se muestra en el gráfico de la Figura 1. En el mismo, se comparan los promedios mensuales de intensidad de viento a lo largo del mismo año para 3 sitios distintos. La primera de las gráficas (mas externa) corresponde a medias mensuales tomadas por un equipo NRG-Explorer promediando cada 10min, en la Escuela Rural Las Vegas durante 2001, a una altura de 10m. Dicha Escuela se ubica en un valle a 90km de Río Gallegos, con menor exposición al viento respecto a los promedios en la meseta. La gráfica del centro corresponde a medias mensuales (promediadas por hora) en el mismo período en el Aeropuerto de Río Gallegos (ubicado en una zona sin obstáculos, a 5km de la ciudad), por el Servicio Meteorológico Nacional. La tercera gráfica corresponde a valores tomados a 20m de altura en Cabo Vírgenes (extremo continental), con promedios horarios en el mismo período utilizando una estación NRG 9200+. El Cabo está en un sitio despejado rodeado por el mar, por lo cual la rugosidad es mínima. Esta particularidad y la mayor altura hacen previsible que los registros sean superiores, aunque siguiendo el patron general del año. La disminución registrada en Enero 2001 es una anomalía, por tratarse de un mes tradicionalmente ventoso. Las ráfagas por encima de 35m/s son habituales especialmente durante el verano, por lo cual los equipos deben estar preparados para soportar estas exigencias.

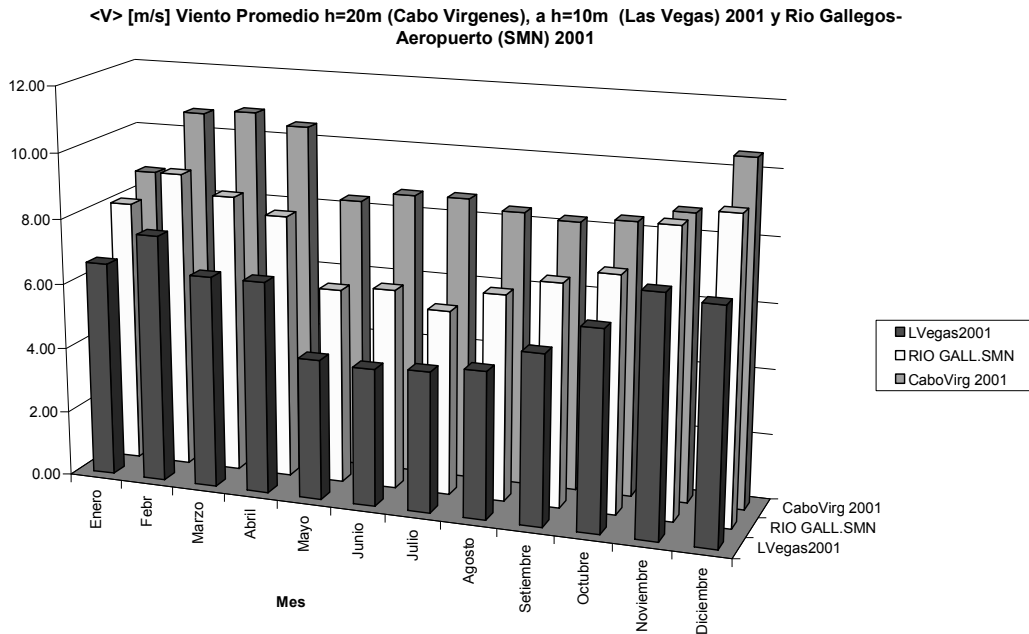


Figura 1 Promedios mensuales en distintos sitios del Sur de Santa Cruz – 2001

Por otro lado, no son tan significativas las variaciones de dirección como se muestra en la rosa de frecuencias (Figura2) para el mismo período en Río Gallegos, con gran predominancia de vientos del W y SW. Para dicho gráfico, se ha tomado la dirección N en coincidencia con 0°.

**Distribución de Direcciones de Viento - Medias horarias - Anual  
R.Gallegos - SMN 2001**

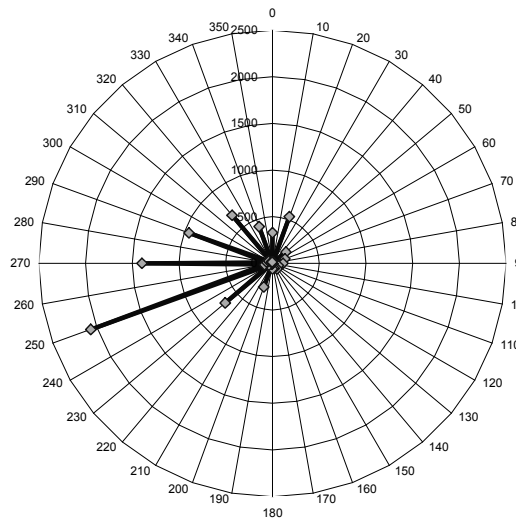


Figura 2 Frecuencia anual de direcciones de viento – Río Gallegos SMN– 2001

**MEDICIONES SOBRE SISTEMAS EXISTENTES**

El comportamiento del recurso eólico en los rigurosos inviernos del sur patagónico presenta un problema para la confiabilidad de los sistemas en los fríos meses de Junio a Agosto. Este efecto se ha observado en la mayoría de las mediciones tomadas en la Provincia de Santa Cruz y en zonas aledañas, por ejemplo en la provincia de Chubut y en la región de Magallanes en Chile, y tiene una importante consecuencia en cuanto al dimensionamiento del sistema: si las cargas son críticas en invierno resulta necesario sobredimensionar el sistema o utilizar un backup con motogenerador convencional. La caída en el rendimiento puede observarse en las mediciones realizadas (Figura 3) sobre la energía producida mensualmente por un conjunto de 5 aerogeneradores de 800W (Eolux, de fabricación nacional) que conforman un sistema híbrido instalado en el año 2000 por la empresa Servicios Públicos Sociedad del Estado en la Escuela Rural Las Vegas (Figura 4).

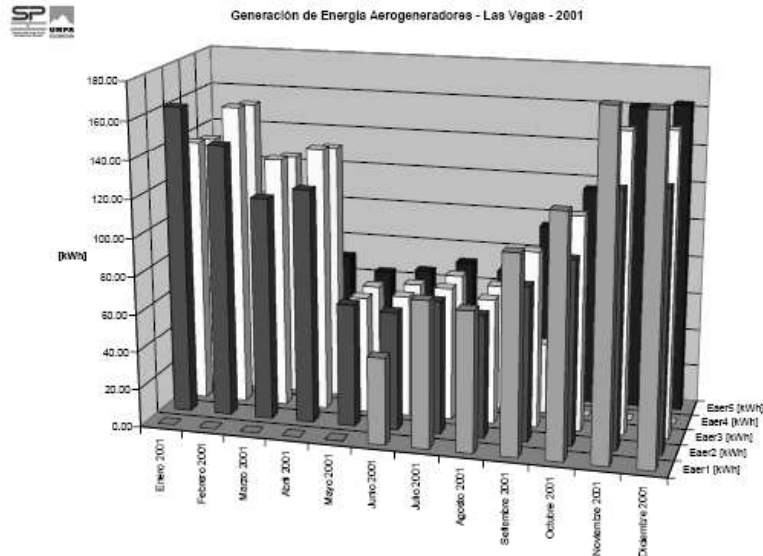


Figura 3 – Producción mensual de los aerogeneradores en Escuela Rural Las Vegas– 2001

Estas mediciones fueron tomadas con un equipo SISMED01/48, midiendo la corriente y tensión a la salida del rectificador de cada aerogenerador, por lo cual representan la energía bruta producida. Por el esquema circuital de este tipo de instalaciones, una parte de esta energía se pierde en disipación de calor a través del conjunto regulador-resistencia fantasma en los momentos en que el banco de baterías se encuentra plenamente cargado.

Es especialmente notoria la caída de producción después del mes de abril (en éste caso, de 2001). Para el caso de Escuelas Rurales en el Sur, puede no ser tan grave el problema ya que las mismas tienen un régimen especial por el que cesan las clases en junio y retoman en agosto, para mejorar las posibilidades de acceso que se reducen mucho en invierno. Pero para casos como estaciones de bombeo de petróleo o gas, bombas dosificadoras, estaciones de comunicaciones, es posible incluso tener cargas mas demandantes durante el invierno por lo cual el problema de dimensionamiento generalmente incluye la posibilidad de accionar (en forma manual ó automática) un grupo diesel o naftero que permita suplir la carga y a la vez cargar las baterías, que pueden resultar dañadas definitivamente si se descargan por períodos largos. Así como la demanda de energía se encuentra en un mínimo desde mediados de junio a agosto, también se tiene demanda mínima (por receso de verano) desde mediados de diciembre hasta febrero, coincidiendo con los meses de mayor viento, lo cual implica una baja utilización del parque. Esto hace que el equipo diesel opere con mayor frecuencia en otoño y a comienzos de la primavera.

La confiabilidad de las turbinas eólicas en sistemas aislados es un problema, como puede verse por los datos faltantes para la máquina #1 (serie  $E_{aer1}$ ) que tuvo un problema de rodamientos y con la máquina #4 (serie  $E_{aer4}$ ) con falla de pala desde octubre de 2001. Otro problema lo constituye la durabilidad del banco de baterías, que en general se reduce a 4 años para las baterías deep-cycle convencionales de plomo-acido (Figura 4). El costo inicial de las baterías estacionarias tipo OpzS que prevén ciclos de vida mayores (8 a 10 años) resulta en la mayoría de los casos prohibitivo, aunque algunas instalaciones nuevas como la del Puesto El Cerrito de Vialidad Provincial (a unos 170km de Río Gallegos), que se muestra en la Figura 5, hacen uso de este tipo de almacenamiento. En este caso, se trata de un sistema alimentado por un Aerogenerador bipala INVAP IVS4500 de 4.5kW/48V y un conjunto regulador/inversor Belg de 5kW, todos de fabricación nacional.



Figura 4 – Escuela Rural las Vegas – Aerogeneradores Eolux (2001) y reemplazo del banco de baterías (2004)



Figura 5 – El Cerrito /DPV con Aerogenerador INVAP (4.5kW nominales) – banco de baterías OpzS tubular 48V - 2007

### HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

La disponibilidad de herramientas de simulación gratuitas para sistemas híbridos, como los programas HOMER y HYBRID2 de NREL ha permitido mejorar mucho el proceso de diseño, otorgando la posibilidad de considerar alternativas y estimar su comportamiento antes de realizar adquisiciones de equipos. Por los objetivos del presente trabajo, resulta más adecuado el HOMER dado que enfatiza aspectos de intercambio de potencia, de energía y consideraciones de costos, mientras que el HYBRID2 resulta adecuado para un análisis detallado de aspectos de circuitales y de mallas eléctricas. El HOMER permite la consideración de numerosas alternativas como aerogeneradores, baterías, paneles solares, grupos diesel e inversores incluyendo sus costos individuales. Asimismo pueden considerarse distintas estrategias de control para el grupo térmico, potencia de cargador y variaciones mes a mes del recurso de viento y perfil de carga. Pueden fijarse también determinadas restricciones como una fracción mínima de energía renovable. En muchas de las variables se ofrece un estudio de sensibilidad a través de un rango seleccionable, a costa de aumentar el tiempo de procesamiento, y la posibilidad de seleccionar un sistema óptimo. Todas estas capacidades implican que es posible analizar muchas más alternativas y en forma más exhaustiva, de forma mucho más rápida que en el caso del estudio clásico a través de planillas de cálculo.

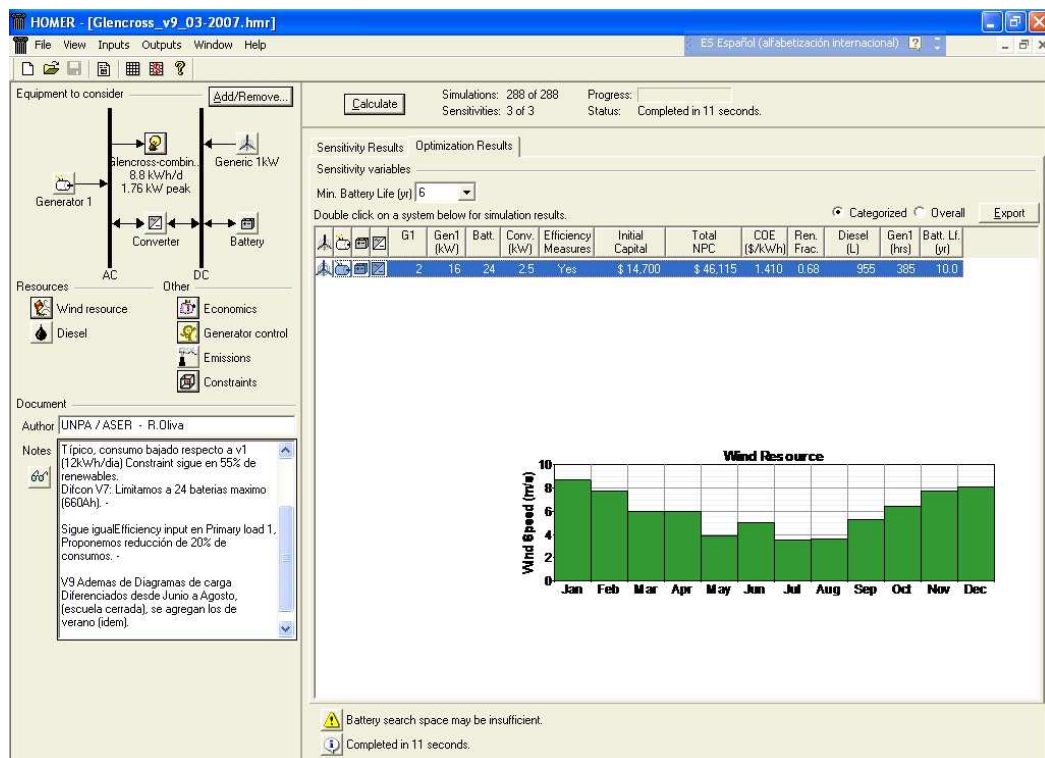


Figura 6 – Pantalla principal de HOMER y recurso de viento base tomado para la simulación.

Como se mencionó, el estudio de la variabilidad del recurso es de gran importancia para los proyectos en Patagonia, y la posibilidad de poder predecir (si existen) los requerimientos de potencia de grupos diesel o térmico se convierte en un auxiliar valioso de diseño. Para el diseño que se muestra en Figura 6, realizado para otra Escuela Rural en el Paraje Glencross (200km al W de Río Gallegos), tenemos nuevamente el esquema de carga mencionado con una demanda muy baja tanto en pleno invierno como en pleno verano. En la Figura 7 se muestra la producción de dos aerogeneradores de 1kW genéricos,

combinados con un banco de baterías de 660Ah y los períodos esperados de operación del grupo Diesel, totalizando un total de 385 horas por año.

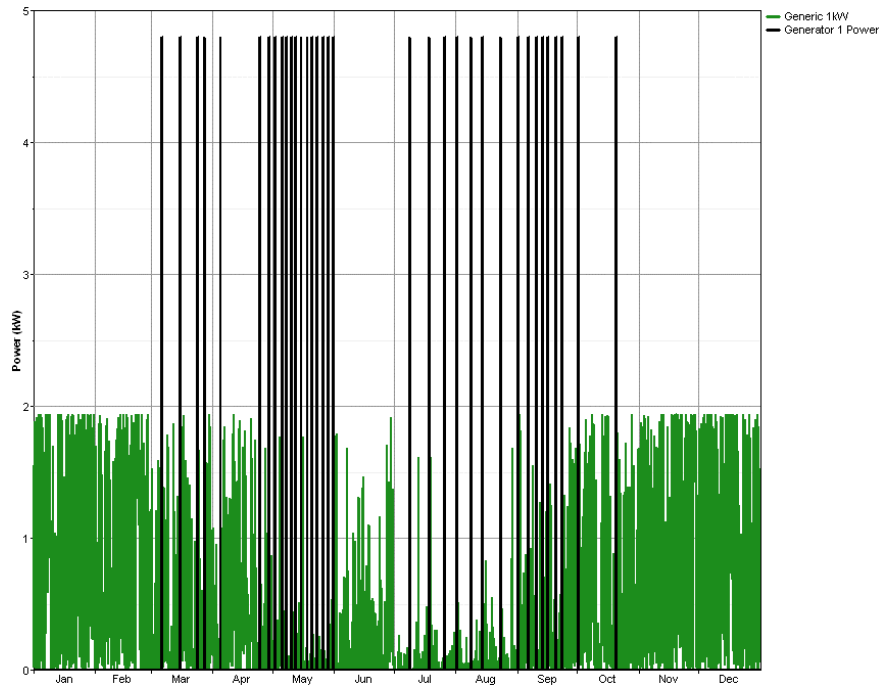


Figure 7 – Gráfico simultáneo generado en forma aleatoria (cálculos a lo largo de 8760 horas) por HOMER para la potencia de los molinos (2) y los aportes de potencia del Diesel (385 horas).

Las restricciones del sistema fueron fijadas en una cobertura de 100% de la carga (sin interrupciones) y en una fracción renovables de por lo menos 70%. Estas limitaciones pueden ser cubiertas por los componentes seleccionados, de no ser así el HOMER da un mensaje de error. Para el caso en cuestión, se redujeron los niveles de carga para los meses de invierno y verano, lo cual resultó en una mayor demanda de operación del diesel en primavera temprana y a fines de otoño. En la Figura 8, el Estado de Carga (SOC ó *State Of Charge*) se muestra para el mismo período simulado, comparado con los mismos aportes del Diesel. El arranque del motor se configura para dispararse (suponiendo un automatismo integrado) cuando el nivel de tensión de batería llega al 30% del nivel de carga plena. El uso de un grupo de 16kVA es excesivo pero es el seleccionado por tratarse de un equipo preexistente.

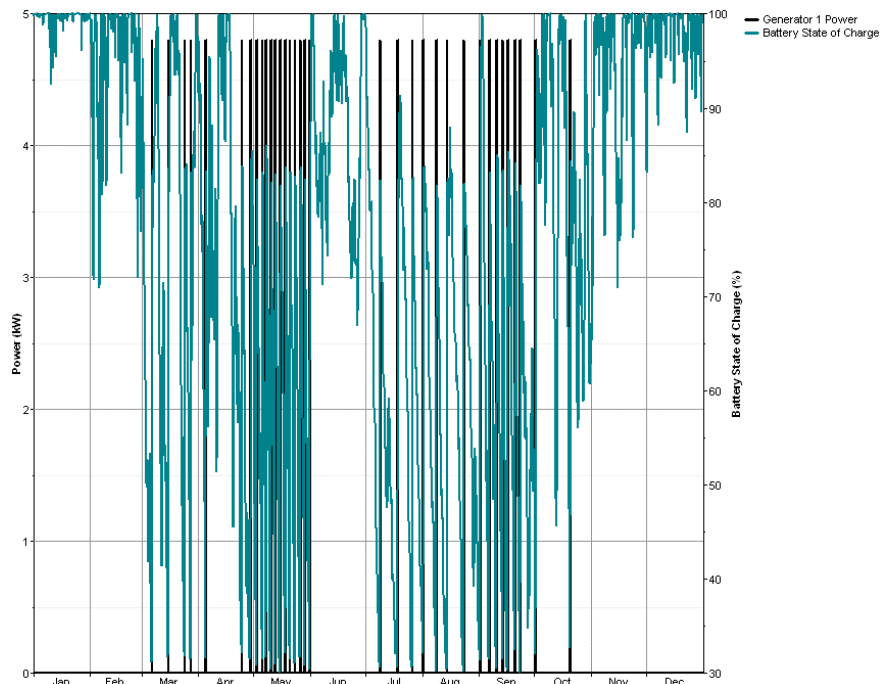


Figura 8 – Simulación horaria de HOMER para el SOC en % y la potencia entregada por el grupo Diesel para Glencross

## CONCLUSIONES

Una parte importante de la demanda eléctrica en baja potencia, para regiones aisladas en Patagonia puede ser cubierta por el uso de sistemas híbridos diesel-eólico para carga de baterías. Estos sistemas aseguran, con un adecuado diseño, un suministro continuo de energía eléctrica de calidad aceptable. Sin embargo, es preciso realizar un adecuado dimensionamiento del sistema teniendo en cuenta la variabilidad estacional del viento, expresada a través de promedios reducidos en invierno y condiciones más favorables en verano. La utilización de herramientas de simulación gratuitas como el HOMER resulta un auxiliar adecuado para optimizar este tipo de sistemas.

## REFERENCIAS

- Gevorgian, V.; Corbus, D.; Drouilhet, S.; Holz, R.; Thomas, K. (1998). "Modelling, Testing and Economic Analysis of a Wind-Electric Battery Charging Station", NREL/CP-500-24920. WindPower '98, Bakersfield, California.
- Lambert, T., Gilman P, Lilienthal, P. (2006) "Micropower System Modeling with HOMER". Capítulo 15 del libro: "Integration of Alternative Sources of Energy" de Felix A. Farret, M. Godoy Simões, editores ISBN: 0-471-71232-9 Wiley-IEEE Press.
- Oliva, R. (1999) "Development and Applications of a Data Acquisition System for Low Power Wind and PV Generators", Simposio Internacional de Energías Renovables, Agua e Infraestructura Afín, Arica, Chile, November 1999 por DAAD, Universität Oldenburg (Alemania) y Universidad de Tarapacá (Chile).
- Oliva, R.; Luna Pont, C.A. (2000) "Development and first results of a data acquisition system for low power wind-diesel generators in South Patagonia", Proceedings (CD) de "Wind Power for the 21<sup>st</sup> Century", EWEA Special Topic Conference and Exhibition, Kassel, Alemania, 25-27 setiembre.
- Oliva, R.; Alborno, C. (2002), "Deployment of a Network of Automatic Wind-measurement Stations in South Patagonia", Presentado VB3.12 en The World Wind Energy Conference and Exhibition (Proceedings) Berlin, Germany.

## ABSTRACT

This work presents some of the main applications of Small Wind and Hybrid Systems for electrical power supply in remote sites in South Patagonia, as well as resource and electrical measurements performed on some of these systems in the last decade. These systems offer a solution for many users requiring continuous power output without the need of deploying conventional full-time fossil fuel generation, or for remote communications, oil or gas industry stations demanding unattended power supplies. Still, seasonal variability of wind regimes and technical limitations of currently available systems set a number of limitations on these power generation schemes, and careful layout is necessary to reach effective results. Measurements performed on wind resources and on power production of typical wind turbines or combined systems are shown, as well as simulations performed on freely-available tools such as NREL's HOMER. Conclusions regarding best combinations and design schemes are discussed, and hopefully will serve as first-approach guidelines for readers dealing with similar isolated power systems in other regions.