

## **MAPA DE RECURSOS ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA. PRIMERA VERSIÓN, APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR**

M. Bellini, M. P. Bonini, M. Dallo, F. Garreta, C. Navntoft, P. Vejrup  
GIA – UFLO, Grupo de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería en Ecología, Universidad de Flores  
Nazca 476 (C.P. 1406) Buenos Aires, Argentina  
Tel/Fax: (011) 4611-4800 - 4613-3636 e-mail: [gia@uflo.edu.ar](mailto:gia@uflo.edu.ar)

### **RESUMEN**

En este trabajo se presenta la primera versión del mapa de energías renovables de la República Argentina. El mismo trabaja bajo entorno Windows. Permite hacer un mapeo del recurso solar y eólico y también posee la opción de realizar un dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas en cualquier parte del país. El objetivo a futuro es que el interesado pueda hacer un análisis general o global para determinar los recursos regenerativos adecuados para una aplicación específica. De esta manera, serán incorporadas planillas de dimensionamiento eólico en próximos trabajos. El programa puede ser descargado vía sitio web o pedido por mail sin costo alguno a [gia@uflo.edu.ar](mailto:gia@uflo.edu.ar). El mismo constituye una herramienta de acceso ordenado a la información existente sobre el recurso eólico y solar a cualquier persona. El mismo fue utilizado con éxito en la cátedra de energías alternativas de la carrera de Ingeniería en Ecología de la Universidad de Flores.

**Palabras clave:** Energías alternativas, mapa recursos renovables, dimensionamiento, distribución

### **INTRODUCCIÓN**

Durante el año 2002, y a partir del curso de energías alternativas de la carrera de Ingeniería en Ecología, se conformó un grupo de trabajo dedicado a la creación de un instrumento que facilite el acceso a información sobre la disponibilidad y distribución de los recursos energéticos regenerativos a lo largo del país. La idea original apuntaba a satisfacer la demanda de información mínima necesaria para poder hacer estudios comparativos sobre el potencial existente sobre fuentes renovables en distintas regiones. Consideramos importante conocer los beneficios del uso de energías alternativas [1], pero por sobre todo, y si nuestra intención es acortar la distancia entre la teoría y la práctica, tener conocimiento sobre fuentes inagotables disponibles para realizar comparaciones entre sí, y la energía convencional, en distintos ordenes. Conocemos los inconvenientes que trae aparejado el uso de combustibles fósiles, pero estamos convencidos de que si no somos capaces de dar una respuesta profesional que alcance un real beneficio económico, estaremos quedando a mitad de camino. A partir de estas convicciones, la idea de crear el Mapa Interactivo de Recursos Energéticos Alternativos tomó impulso. La segunda etapa, comenzada en el 2003, tuvo como objetivo el procesamiento y el armado de una base de datos confiable. Para este fin, se realizaron estudios sobre posibles fuentes de información, llegándose a la conclusión que existen organismos oficiales y privados que cuentan con importante material, que, una vez procesados, fueron de utilidad. En el caso de energía eólica, las autoridades de la Secretaría de Energía, dependiente del Ministerio de Economía de la Nación, se interesaron en el proyecto, y se celebró un convenio marco para formalizar su apoyo y el libre intercambio de información. Esta etapa culminó con la presentación de un trabajo [2]. Para entonces, el programa solo permitía acceder a información de los potenciales del recurso eólico y solar sin alternativas de realizar un dimensionamiento aproximado. Esta versión incorpora la posibilidad de realizar un dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. El objetivo a futuro será incorporar la posibilidad de dimensionamiento de sistemas eólicos de baja potencia con el objetivo de realizar estudios comparativos. La financiación en la elaboración del mapa se logró a partir de un proyecto de investigación de la Universidad de Flores y son estos fondos que nos permiten realizar el envío de los mismos a los interesados y presentar el trabajo en este congreso. Las metodologías incorporadas no pretenden sustituir los estudios de factibilidad que se realizan habitualmente para este tipo de sistemas sino permitir un paneo general de la situación a priori de tal manera que el interesado pueda focalizarse hacia un recurso en particular en base a un estudio comparativo sencillo. De esta manera el procedimiento de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos y el de sistemas eólicos de baja potencia que será incorporado, tiene como objetivo sentar las bases para realizar un estudio en profundidad sobre un recurso en particular con un pequeño estudio comparativo. Principalmente, este tipo de herramientas tiene alcance en ámbitos educativos, como lo demuestra su utilización en la materia “energías alternativas” de la Universidad de Flores. El programa es de libre acceso y puede ser bajado de la página web [www.gia-energias.com.ar](http://www.gia-energias.com.ar) sin cargo alguno o encargado por mail al correo electrónico [gia@uflo.edu.ar](mailto:gia@uflo.edu.ar). La presentación visual del programa y su versatilidad hacen de la evaluación de recursos renovables un trabajo entretenido, de uso irrestricto y gracias a la financiación del proyecto por la Universidad de Flores, es posible su distribución gratuita a los interesados en formato de CD.

## METODOLOGIA DE TRABAJO

### RECURSO EÓLICO

La información oficial existente en cuanto a velocidades medidas de viento proviene de diversas estaciones de medición. Algunas de las velocidades se midieron en aeropuertos, otras en torres a 10 metros de altura, y otras en estaciones meteorológicas. Estos datos se volcaron en planillas de cálculo de Excel y fueron corregidos de dos maneras. La primera, que llamamos “*correcciones estándar*”, fue realizada tomando una disminución de la temperatura con la altura de 1°C/100 metros y una disminución de la presión que sigue la fórmula (1):

$$P(z) = 1013,25 \cdot \exp\left(\frac{-asnm}{8000}\right) \quad (1)$$

donde *asnm* es la altura sobre el nivel del mar de la localidad en cuestión y el resultado se expresa en HPa. La segunda corrección, que llamamos “*corrección meteorológica*”, fue realizada corrigiendo la presión y la temperatura con los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, es decir temperatura y presión media mensual de cada localidad. Debido a la diversidad de orígenes de los datos, no todas las localidades pudieron ser corregidas con los datos meteorológicos, sólo aquellas en las cuales había datos disponibles de temperatura y presión media mensuales. Las correcciones estándar fueron realizadas para todas las localidades. El objetivo de estas correcciones fue el de otorgar precisión al cálculo de la potencia disponible del viento. Como es de conocimiento, la potencia por metro cuadrado del viento sigue la forma (2):

$$Potencia = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \quad (2)$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire en Kg/m<sup>3</sup> y  $v$  es la velocidad del viento en m/s. Para cálculos aproximados suele utilizarse como valor de densidad medio 1,226 Kg/m<sup>3</sup>.

### RECURSO SOLAR

Los datos del recurso solar fueron extraídos del Atlas de Potencial Solar de la República Argentina [4]. El mismo cuenta con datos de medias mensuales de radiación solar global (0.3-3  $\mu$ m). Si bien este trabajo figura oficialmente como elaborado por una consultora, los datos con los cuales se construyeron fueron tomados por la Red Solarimétrica del Servicio Meteorológico Nacional [5][6]. Dado que los mismos ya estaban tabulados en forma de medias mensuales, sólo se procedió a volcar la información en formato digital. El procedimiento de dimensionamiento incorporado es el que consiste en calcular las horas solares pico (HSP)[7], es decir el número de horas a 1000 W/m<sup>2</sup> (3):

$$HSP = \frac{Mediamensual(Wh / m^2)}{1000(W / m^2)} \quad (3)$$

para conocer el rendimiento de un panel fotovoltaico cualquiera en cualquier época del año. Luego, en base al consumo energético que es el dato que ingresa el usuario, se determina la cantidad de componentes del sistema fotovoltaico a utilizar. Los valores de eficiencias del controlador de carga e inversor (si fueran necesarios) son predeterminados y se estiman en 0,95 para el controlador de carga de calidad estándar y 0,90 para el inversor de onda senoidal modificada. Una vez realizado esto, el sistema calcula en forma automática la capacidad del banco de baterías. Conociendo todos estos datos, es posible realizar un estimativo del costo de instalación de dicho sistema y a futuro será posible con el mismo programa, compararlo con el costo de instalación de un sistema eólico de baja potencia. De la misma manera, el programa permite calcular las variaciones de la radiación debida a la inclinación del panel a lo largo del año para poder determinar el valor óptimo de la misma.

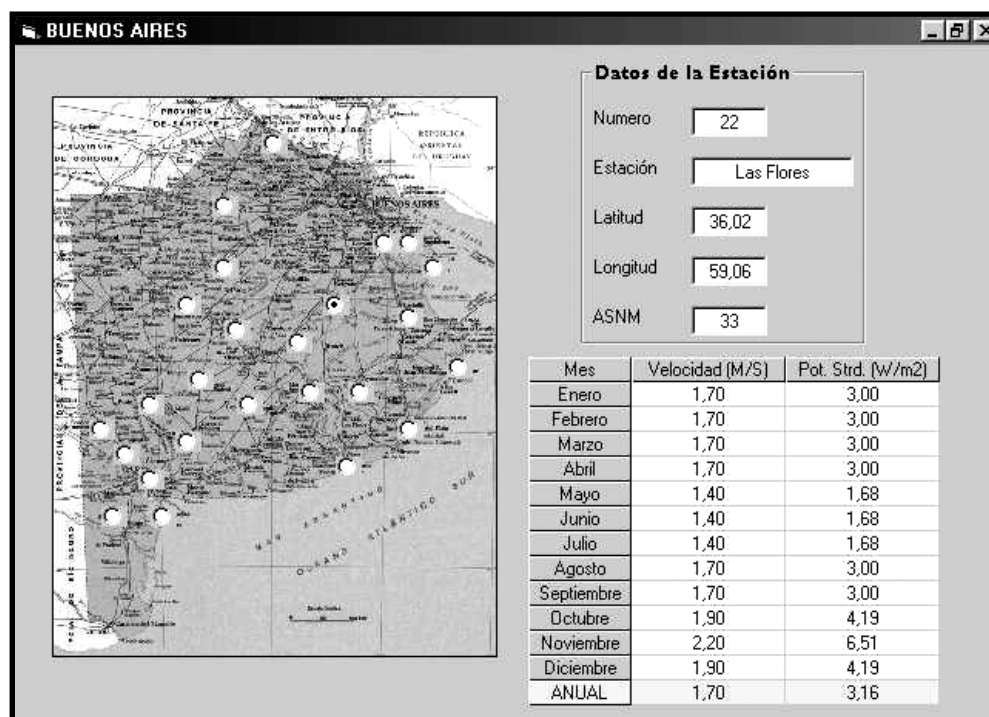
### PROGRAMA MER 1.0, MAPA DE ENERGÍAS RENOVABLES

Una vez procesada la información y las bases de datos se elaboró el programa utilizando Visual Basic 6.0 como soporte. El programa elaborado permite prescindir de los llamados Sistemas de Información Geográficos, que a pesar de ser unas herramientas sumamente útiles, restringen el acceso a la información a los poseedores de ese tipo de soft y usuarios con la capacitación correspondiente, sin dejar de lado la mención de lo costosas que son las licencias de su uso. La aplicación elaborada, no requiere capacitación previa alguna ya que tiene un sistema que guía al usuario en los pasos a seguir a través de una interfaz visual que es

compatible con Windows 95/98 y NT. Una importante ventaja además del acceso a información precisa que brinda el programa es la posibilidad de intercambio de datos con Excel, y la elaboración de informes en Word. De esta manera se mantiene uno de los objetivos principales que era hacer un mapa interactivo de energías renovables. Cada estación consiste en un punto en el mapa cuyos datos geográficos que aparecen en pantalla son:

- Localidad
- Latitud
- Longitud
- Altura sobre el nivel del mar
- Recurso Solar: Medias mensuales y anual de radiación solar global
- Recurso Eólico: Medias mensuales de velocidad del viento y potencia extraíble.

También ofrece la posibilidad de expresar los datos en distintas unidades. Un ejemplo de la pantalla con los resultados del recurso eólico para la Pcia. de Buenos Aires se muestra en la figura 1. Todos los cálculos del dimensionamiento del sistema fotovoltaico se realizan suponiendo que los paneles miran al norte, es decir un sistema ideal. Para el cálculo de la potencia eólica no se tiene en cuenta la dirección del viento predominante ya que el trabajo apunta sistemas de baja potencia que en su mayor parte pueden orientarse automáticamente en la dirección de mayor intensidad.



**Figura 1.** Formulario de Resultados del potencial eólico para la estación de las Flores, Pcia. de Buenos Aires.

#### OTROS RECURSOS RENOVABLES

Originalmente, el mapa fue concebido para contener información sobre los recursos geotérmicos y minihidráulicos del país además de los ya mencionados. Si bien los mismos constituyen recursos importantes, la experiencia en la construcción de este mapa, nos ha hecho llegar a la conclusión de no incluirlos. Esta decisión tiene varios fundamentos. El uso de estos recursos no está tan difundido como los expuestos, su utilización es aislada y no de tipo generalizada. Para el caso del recurso geotérmico, además del aprovechamiento de aguas termales, existe en Argentina una central de energía eléctrica a partir de vapor geotérmico en la localidad de Copahue, Neuquén, sin embargo la misma está fuera de funcionamiento desde hace más de diez años. La misma localidad posee un sistema de calentamiento de las calles para evitar su congelamiento, pero el mismo está sumamente deteriorado y fuera de funcionamiento. Por otra parte, el uso de bombas de calor con intercambiadores enterrados, no está difundido en el territorio argentino aunque sí a nivel mundial, en particular su combinación con fotovoltaicos. Si sacamos el aprovechamiento de aguas termales del contexto, las oportunidades de generar electricidad para usuarios puntuales a partir de energía geotérmica es muy baja. Su aplicación debe ser considerada en el suministro de electricidad poblaciones de tamaño mediano, dada la gran envergadura de los estudios de prospección y de la obra de ingeniería necesaria para su aprovechamiento. Para el dimensionamiento de sistemas de bomba de calor geotérmico, es necesario conocer la temperatura del suelo en los primeros 100 metros durante todos los meses del año. Tal información no está disponible para el territorio argentino, con lo cual la incorporación al mapa de este dato no es viable. Sin embargo existen correlaciones entre temperatura ambiente y el tipo de suelo local que permitirían a futuro incluir esto en un nuevo proyecto.

El recurso minihidráulico constituye aprovechamientos locales y su factibilidad debe ser evaluada con estudios precisos, no existe forma general de evaluar el recurso minihidráulico. En un principio se pensó en incorporar al mapa los datos de caudales de los ríos del país, pero eso no garantizaba la factibilidad de explotación del mismo, ni siquiera una estimación gruesa de su uso, con lo cual se decidió no incluir el recurso. De esta manera, esta versión del mapa de energía renovables de la República Argentina contiene datos sobre el potencial eólico y solar, permitiendo una estimación aproximada de los componentes y los costos de instalación de un sistema fotovoltaico. La próxima versión incluirá la opción de un dimensionamiento de sistemas eólicos de baja potencia y permitirá la estimación de componentes y costos. El mismo será presentado en la próxima reunión de ASADES.

## CONCLUSIONES

El motor que impulsa el desarrollo de las energías renovables es el constante incremento de la demanda de electricidad, que en combinación con el creciente aumento del costo de los combustibles fósiles y dependencia energética, conforman una situación difícil de resolver. Como medida para contribuir al control y reducción del impacto ambiental negativo, sobre las bases de un ahorro económico efectivo, el mapa propone organizar, en forma integral, datos para permitir un acceso no intuitivo a información sobre las posibilidades de producción de energía térmica y eléctrica con reducido impacto ambiental. El estudio iniciado tiene amplias posibilidades de inserción en otros campos temáticos. La permanente actualización y el refinamiento de los datos existentes exige la clasificación e incorporación constante de información a la matriz, que podría permitir la apertura de nuevas líneas de investigación a desarrollar. A partir de esto, creemos conveniente incorporar a futuro, factores socio-culturales, como la distribución demográfica, diferente grado de desarrollo regional, y la distribución del tendido de la red eléctrica nacional, como variables fundamentales vinculadas al desarrollo y aplicación de los recursos. No es razonable, con la tecnología existente para el aprovechamiento de fuentes renovables, montar una importante infraestructura para producir electricidad con generadores a explosión, si contamos con un importante potencial renovable en la zona de la demanda. Una elección incorrecta, no solo impactará negativamente en el ambiente, sino además, y de forma más inmediata, en la economía de los usuarios del servicio. Esta primera versión del mapa presentada en la carrera de ecología de la Universidad de Flores ha permitido a los alumnos realizar rápidas comparaciones entre el potencial solar y eólico, demostrando ser una herramienta importante para la enseñanza de recursos energéticos regenerativos. Esperamos que su uso se transmita a otros centros de estudio y ámbitos, y que el mismo sea un instrumento más en la evaluación de disponibilidad de recursos a nivel regional, contribuyendo a aportar soluciones a los problemas energéticos que atraviesa el país.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Flores por el apoyo y el compromiso brindados

## REFERENCIAS

- Reboratti , L. Pelicano, G. Benedetti, A. Cometto, A. de la Cuétara, O. (1998) La problemática energética en el NOA. Un análisis geográfico. ASADES XXI, Vol 2 N° 2, 06.53-55
- Secretaría de Energía de la Nación, 1998. "Atlas de Potencial Eólico de la República Argentina".
- Secretaría de Energía de la Nación, 1998. "Atlas de Potencial Solar de la República Argentina".
- Grossi Gallegos, H. (1998a). Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. I. Análisis de la información. Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 119-123.
- Grossi Gallegos, H. (1998b). Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación. Energías Renovables y Medio Ambiente 5.33-41
- Gallegos Grossi H., Righini R., Antelo O., curso "Aprovechamiento energético de la radiación solar global", Universidad Nacional de Luján, 2002.

## ABSTRACT

In this work, the first version of renewable energies map of Argentina is presented. It works under windows and allows for a mapping of the solar and wind resource. It also allows the user to make a photovoltaic system dimensioning in any part of the country. The goal in the near future is that any interested person can make the right choice between the solar and wind resource. In this way, simple dimensioning procedures for low power wind applications will be incorporated. The program can be downloaded via web site or ordered free of charge to [gia@uflo.edu.ar](mailto:gia@uflo.edu.ar). This program constitutes a powerful tool of ordered access to information about the solar and eolic resource for any person. This version was used succesfully in teaching in the renewable energies subject of the ecology engineering degree of Flores University.

**Keywords:** Alternative energies, renewable resources map, dimensioning, distribution.