

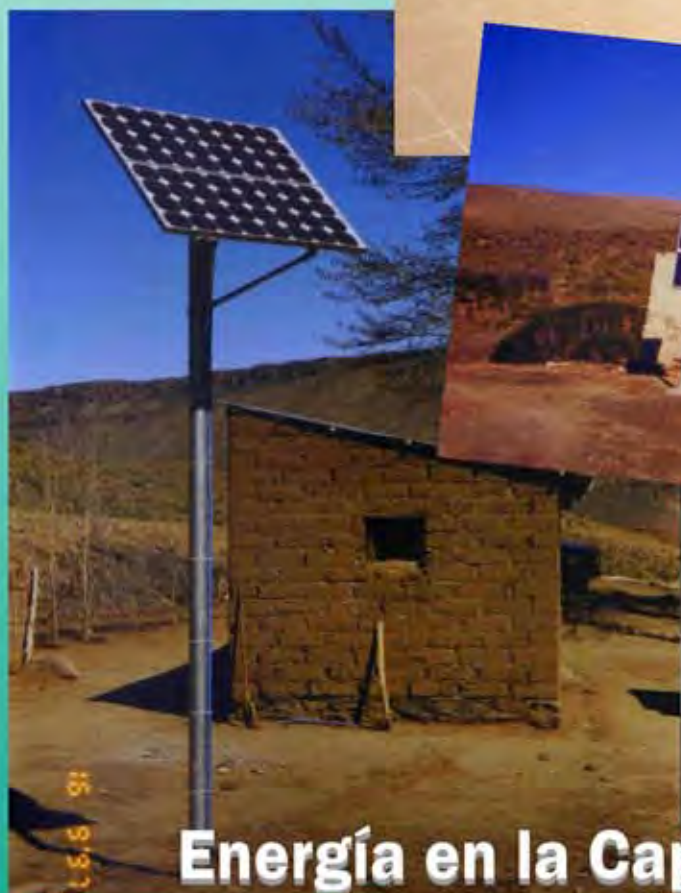
HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

Volúmen II Año 2006

ISSN: 0935-0578

- Mapa Eólico de la Provincia del Neuquén
- Abastecimiento Eléctrico en Areas Rurales de la Provincia del Neuquén mediante sistemas Fotovoltaicos
- Proyecto Geotérmico de Copahue
- Estudio de una Estufa Solar Portátil e Híbrida - I
- Propuesta de Nueva Geometría para el Conjunto Inyector-Alabe Regulador de una Turbina Tipo Banki
- Uma Análise Jurídica Dos Marco Regulatórios para o Licenciamento Ambiental das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil



📄 Energías Renovables:
Proyecto de Ley en Argentina

📄 XII ELP AH (2007)
Quito - Ecuador

**Energía en la Capacitación para un
Desarrollo Sustentable y más Equitativo**

EDITORIAL

En el afán de satisfacer mejor las expectativas de nuestros lectores, el Comité Editorial anuncia algunos cambios que se implementarán desde el presente número

En nuestra última reunión de Comité Ejecutivo realizada el 4 de Agosto de 2006 en la ciudad de Cajamarca (Perú), se tomaron varias decisiones que permitirán, por un lado, reafirmar el camino que marcaron los pioneros de HIDRORED y por el otro, plasmar la vocación del Comité Ejecutivo de ampliar el contenido de HIDRORED a otros campos de las energías renovables.

A partir del presente número se le dará igual importancia a todas las alternativas tecnológicas de generación de energía basadas en Pequeñas Fuentes Renovables y todos los temas que estas involucran.

El objetivo que se plantea con esta apertura es simplemente promover el intercambio de información y el encuentro de los diferentes actores que trabajan en Energías Renovables y Desarrollo Rural Sustentable, y consolidar una útil y fructífera interacción, suscitar el interés y remarcar la importancia de estos temas en la joven generación que serán los encargados de continuar este trabajo. Además, promover la formación de recursos humanos en este campo de vasta e inmediata aplicación al desarrollo de distintas regiones de Latinoamérica; que no dudamos será en beneficio de millones de pobres actualmente sin acceso a la energía o con acceso deficiente a esta.

Para complementar esta apertura se conformó, para la Revista HIDRORED, un nuevo Comité Editorial que con su estructura más amplia se pretende dar un perfil más plural, y funciones más específicas a la vez. Bajo estas premisas, en la presente edición se presentan artículos vincularnos con las iniciativas de los distintos sectores vinculados a los servicios de las energías en el sector rural.

Los trabajos que se han incorporado en este número provienen de profesionales con una vasta experiencia en las fuentes geotérmicas y fotovoltaica. Sin embargo, no hemos querido dejar de lado a las otras fuentes, que históricamente han sido los temas centrales de la revista, la hidráulica y la eólica. En cuanto a esta última nos pareció importante llevar hasta Uds. este trabajo dado que representa el paso inicial que se debe dar para encarar cualquier aprovechamiento de esta energía: El mapa Eólico.

Consideramos que globalmente el contenido de los trabajos publicados, están en sintonía con lo que está sucediendo en el mundo actual; y que de algún modo contribuyen a la discusión y al enriquecimiento de conocimientos para el logro de las metas y compromisos asumidos por los países en las últimas acuerdos internacionales, como ser la iniciativa Latinoamericana y del Caribe para el Desarrollo Sostenible (2002-2010), la Meta de desarrollo del Milenio - MDM (2000-2015) y el protocolo de Kyoto (1997-2012).

Cada artículo es más que una invitación a nuestros lectores; pretende ser un incentivo a que sigamos promoviendo actividades conjuntas en ciertos campos transversales tales como el intercambio tecnológico, la cooperación para la asistencia a las comunidades aisladas, el entrenamiento y la capacitación, el agrupamiento de matrices energéticas, que permitan el logro de las MDM.

En la actualidad se cuenta con una variedad de tratados internacionales, acuerdos y estructuras, así como metas con plazos concretos para promover el desarrollo sustentable, para elevar la calidad de vida y la dignidad humana de millones de personas del mundo y para proteger el medio ambiente. En este contexto nuestra apuesta es por contribuir a un mayor uso de las fuentes renovables de energías que beneficien a más personas en el mundo que y que contribuyan a reducir la contaminación, la degradación y los desechos, para finalmente conseguir una mayor igualdad y mejores oportunidades para todos.

Comité Editorial

EDITORIAL

En el afán de satisfacer mejor las expectativas de nuestros lectores, el Comité Editorial anuncia algunos cambios que se implementarán desde el presente número

En nuestra última reunión de Comité Ejecutivo realizada el 4 de Agosto de 2006 en la ciudad de Cajamarca (Perú), se tomaron varias decisiones que permitirán, por un lado, reafirmar el camino que marcaron los pioneros de HIDRORED y por el otro, plasmar la vocación del Comité Ejecutivo de ampliar el contenido de HIDRORED a otros campos de las energías renovables.

A partir del presente número se le dará igual importancia a todas las alternativas tecnológicas de generación de energía basadas en Pequeñas Fuentes Renovables y todos los temas que estas involucran.

El objetivo que se plantea con esta apertura es simplemente promover el intercambio de información y el encuentro de los diferentes actores que trabajan en Energías Renovables y Desarrollo Rural Sustentable, y consolidar una útil y fructífera interacción, suscitar el interés y remarcar la importancia de estos temas en la joven generación que serán los encargados de continuar este trabajo. Además, promover la formación de recursos humanos en este campo de vasta e inmediata aplicación al desarrollo de distintas regiones de Latinoamérica; que no dudamos será en beneficio de millones de pobres actualmente sin acceso a la energía o con acceso deficiente a esta.

Para complementar esta apertura se conformó, para la Revista HIDRORED, un nuevo Comité Editorial que con su estructura más amplia se pretende dar un perfil más plural, y funciones más específicas a la vez. Bajo estas premisas, en la presente edición se presentan artículos vincularnos con las iniciativas de los distintos sectores vinculados a los servicios de las energías en el sector rural.

Los trabajos que se han incorporado en este número provienen de profesionales con una vasta experiencia en las fuentes geotérmicas y fotovoltaica. Sin embargo, no hemos querido dejar de lado a las otras fuentes, que históricamente han sido los temas centrales de la revista, la hidráulica y la eólica. En cuanto a esta última nos pareció importante llevar hasta Uds. este trabajo dado que representa el paso inicial que se debe dar para encarar cualquier aprovechamiento de esta energía: El mapa Eólico.

Consideramos que globalmente el contenido de los trabajos publicados, están en sintonía con lo que está sucediendo en el mundo actual; y que de algún modo contribuyen a la discusión y al enriquecimiento de conocimientos para el logro de las metas y compromisos asumidos por los países en las últimas acuerdos internacionales, como ser la iniciativa Latinoamericana y del Caribe para el Desarrollo Sostenible (2002-2010), la Meta de desarrollo del Milenio - MDM (2000-2015) y el protocolo de Kyoto (1997-2012).

Cada artículo es más que una invitación a nuestros lectores; pretende ser un incentivo a que sigamos promoviendo actividades conjuntas en ciertos campos transversales tales como el intercambio tecnológico, la cooperación para la asistencia a las comunidades aisladas, el entrenamiento y la capacitación, el agrupamiento de matrices energéticas, que permitan el logro de las MDM.

En la actualidad se cuenta con una variedad de tratados internacionales, acuerdos y estructuras, así como metas con plazos concretos para promover el desarrollo sustentable, para elevar la calidad de vida y la dignidad humana de millones de personas del mundo y para proteger el medio ambiente. En este contexto nuestra apuesta es por contribuir a un mayor uso de las fuentes renovables de energías que beneficien a más personas en el mundo que y que contribuyan a reducir la contaminación, la degradación y los desechos, para finalmente conseguir una mayor igualdad y mejores oportunidades para todos.

Comité Editorial



MAPA EOLICO DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Claudia Palese¹, Héctor Mattio², Graciela Pedro³, Néstor Warchomicka¹ y Jorge Lassig¹

¹Universidad Nacional del Comahue –Fac Ing-, Buenos Aires 1400, Neuquén, Neuquén, Argentina,
palese@uncoma.edu.ar

²Centro Regional de Energía Eólica -CREE-, Laprida 15, Rawson, Chubut, Argentina,
mattio@eeolica.com.ar

³Ente Provincial de Energía del Neuquén -EPEN-, Buenos Aires 283, Neuquén, Neuquén, Argentina,
gpedro@epen.gov.ar

RESUMEN

El objetivo del proyecto del Mapa Eólico de Neuquén fue elaborar el mapa eólico de toda la provincia. Para lograrlo se utilizó el modelo ArgentinaMap. Se determinaron las características geofísicas de la provincia a través de sensores remotos. Se utilizaron datos de dirección e intensidad del viento en superficie y de altura de varios lugares. En este trabajo, se muestran los resultados que se lograron en la valoración del recurso eólico a través de los mapas de la distribución del campo de viento y de densidad de potencia eólica a 70 m de altura, en los que se observa que la provincia tiene un recurso eólico muy significativo. Las zonas más propicias están entre los volcanes Domuyo y Tromen, en la Cordillera del Viento, en la Sierra de Chorriaca, en las Sierras de Catán Lil y al norte del lago Nahuel Huapí. Las velocidades medias son superiores a 7,5 m/seg, que sería suficiente para sostener proyectos económicos de energía eólica. Los valles y zonas bajas son menos ventosas, con velocidades inferiores a 5,0 m/seg a 70 m de altura. Se estimó que existen aproximadamente 41000 km² de terreno con un recurso eólico potencial de bueno a excelente que representa el 43,8 % de la superficie total provincial.

Palabras clave: energía eólica, recursos renovables, viento, Neuquén.

ABSTRACT

The objective of the project of the Wind Power map of Neuquén was to make the Wind Power map of the entire Province. To achieve this objective the ArgentinaMap model was utilized. The geophysical characteristics of the province were determined by remote sensors. Surface wind data and upper air data, of various places, were utilized. In this work, the results show the assessment of the wind resource by means of the field of wind and of power density at 70 m height, in which is observed that the province has a very significant wind power resource. The most favorable zones are between the volcanoes Domuyo and Tromen, in the mountain Cordillera del Viento, in the Saws of Chorriaca, in the Saws of Catán Lil and north of the Nahuel Huapí Lake. The average velocities are greater to 7,5 m/seg, which would be sufficient to maintain economic projects of wind power. The valleys and low zones are less windy, with lower velocities to 5,0 m/seg at 70 m height. It was reckoned that there is approximately 41000 km² of land, that represents the 43,8% of the provincial total surface, with a wind power resource of good to excellent.

Keywords: wind power, renewable resources, wind, Neuquén.

1. INTRODUCCIÓN

El incremento del interés en la explotación de energías renovables ha hecho necesario caracterizar la energía eólica disponible en grandes áreas para seleccionar los sitios más interesantes. Entonces, un mapa de recurso eólico identifica las características del viento y la distribución del

recurso. Los mapas eólicos detallados y otras informaciones contenidas en los atlas elaborados a tal fin, facilitan la identificación de las áreas prospectivas para el uso de tecnologías eoloelectricas para aplicaciones que incluyen la gene-

ración de electricidad a escala comercial, energía para poblaciones y energía eólica fuera de la red. Este tipo de cartografía proporciona una base para una estratégica toma de decisiones relacionadas a la distribución del recurso eólico y su eficaz aprovechamiento.

La cuantificación del recurso posibilita avanzar en los estudios de factibilidad de proyectos para aplicaciones que incluyen la generación de electricidad a escala comercial, sistemas conectados a la red y de menor escala fuera de la red.

Por esta razón la Provincia del Neuquén propició la elaboración del mapa eólico provincial el cual permitirá contar con una herramienta básica para la elaboración de planes de desarrollo del recurso. Además esta información facilitará el análisis técnico económico de las distintas alternativas de abastecimiento energético, constituyéndose en un soporte para la toma de decisiones; e identificando áreas potencialmente aptas para el desarrollo de proyectos y el diseño de estudios o programas de evaluación del recurso en sitios específicos (micrositing).

Con este objetivo el Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN) conformó un grupo de trabajo integrado por personal del Sector de Energías Alternativas, el Centro Regional de Energía Eólica (CREE -Chubut-) y la Universidad Nacional del Comahue (Facultad de Ingeniería) cuyo propósito fue llevar adelante el proyecto de elaboración de mapas detallados del recurso eólico para todas las regiones de la provincia del Neuquén.

La provincia se caracteriza por tener varias líneas de transmisión de alta tensión facilitando una conexión al Sistema Interconectado Nacional/Provincial en caso de instalarse parques eólicos. Los vientos y la potencia eólica del centro y sur de la Patagonia fueron estudiados por [1, 2]. En la provincia del Neuquén se realizaron estudios en algunos sectores, como en los alrededores de la ciudad de Neuquén [3], en el lago Mari Menuco [4], y en el sector Neuquén-Cutral Có con datos de tres estaciones meteorológicas [5, 6]. Además es una región en donde hay varias estaciones meteorológicas funcionando desde hace varios años, y otras nuevas, por lo que la obtención de datos para el trabajo fue rápida y suficiente.

2. METODOLOGIA

2.1 Datos utilizados

La metodología seguida concuerda en gran medida con lo realizado en el centro y oeste de Massachussets (USA) [7] y en el Departamento Confluencia (Neuquén) [8].

La distribución de la energía eólica en la provincia se obtuvo utilizando una avanzada metodología de cartografía eólica del CREE (ArgentinaMap) que integra al conjunto de datos de vientos de superficie y de altura, un sistema de información geográfica que incorpora un modelo numérico de simulación atmosférica.

El software ArgentinaMap (CREE) es un modelo que satisface la ecuación de conservación de la masa. El ajuste necesario para lograr cero divergencia se determina mediante la resolución iterativa de un conjunto de ecuaciones en diferenciales parciales. Para ello se establece una malla de elementos finitos a lo largo de la región de interés, ArgentinaMap permite incluir una malla de 700 elementos en cada dirección horizontal y una discretización vertical de 15 elementos.

La distribución de la potencia eólica está caracterizada por un fuerte grado de variabilidad tanto espacial como temporal y está fuertemente relacionada con la orografía, la rugosidad superficial y las condiciones climáticas.

Por lo tanto, para el cálculo del potencial eólico se necesita del conocimiento geofísico del área en estudio ya que el campo de velocidad del viento depende fuertemente de ellos. La provincia del Neuquén está comprendida aproximadamente entre 36,0°S al norte, 41,25°S al sur, 72,0°W al oeste y 68,0°W al este. Los datos orográficos fueron obtenidos de sitio Web del US Geological Survey (USGS) y son producto de mediciones efectuadas con dos radares instalados a bordo del Space Shuttle de la NASA. Esta información disponible en forma gratuita tiene errores que fueron corregidos. En la [Figura 1] se observa las características de terreno complejo de la provincia. La longitud de rugosidad aerodinámica (z_0) representa las variaciones de las características de la superficie a lo largo de la provincia, para cada punto de la malla en el dominio de la simulación. Neuquén tiene paisajes muy distintos entre los que se encuentra la meseta árida caracterizada por la estepa arbustiva y la estepa gramínea, los valles de los ríos y arroyos con matorrales, los lagos naturales y los embalses de los aprovechamientos hidroeléctricos, el bosque andino patagónico, los valles irrigados con cultivos de frutales especialmente, los pueblos y ciudades y la zona de la alta montaña.

En este trabajo se estimó la rugosidad aerodinámica en forma indirecta a través del conocimiento del tipo de cobertura del suelo y de la altura media de los obstáculos. Para ello se utilizó una escena del sensor MMRS/SAC-C (Multispectral Medium Resolution Scanner) del 20/Dic/2002 [9]. Aplicando la metodología expuesta en [10] se delimitaron 9 tipos de rugosidad, como se observa en la [Figura 2], identificados mediante una clasificación de la escena satelital MMRS basada en la habilidad que tiene dicho sensor en detectar las firmas espectrales de los distintos tipos de cobertura y usos del suelo y demarcando manualmente las ciudades y pueblos.

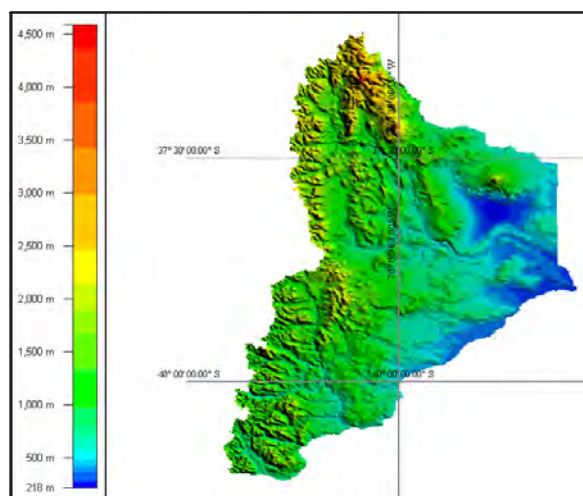


Figura 1: Mapa topográfico.

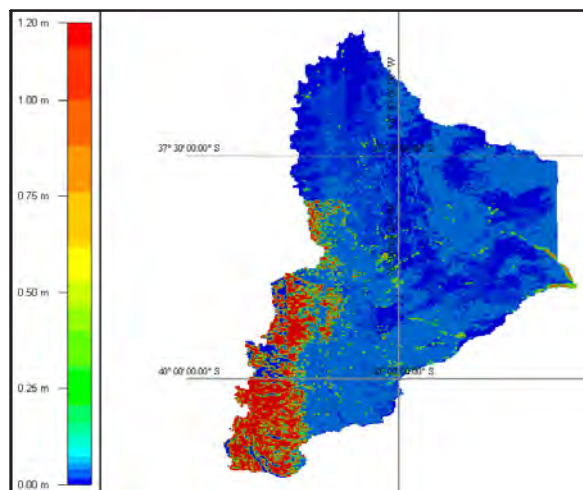


Figura 2: Longitud de rugosidad aerodinámica.



Figura 3: Red de estaciones de medición.

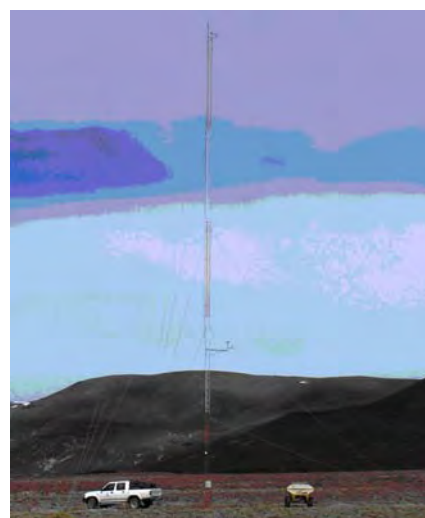


Figura 4: Cinco torres anemométricas fueron instaladas en la provincia.

Los datos medidos en superficie de dirección e intensidad del viento se utilizan para inicializar el modelo, su preparación fue una etapa muy importante en la elaboración del mapa eólico. Se buscó información de lugares e instituciones que estuvieran o estén tomando datos meteorológicos en la provincia. La información meteorológica utilizada provino de varias fuentes. Gracias a la colaboración de organismos públicos y empresas privadas se recopilaron datos de viento de 30 estaciones con períodos de medición que van desde 1 año a 10 años. En particular la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), la Dirección Provincial de Recursos Hídricos, la Universidad Nacional del Comahue y las empresas Repsol YPF, Capex, Copelco y Petrobrás aportaron datos para llevar adelante este proyecto. A estos se agregan los provenientes de las estaciones meteorológicas que funcionan en los aeropuertos de Neuquén,

Bariloche y Chapelco del Servicio Meteorológico Nacional y los registrados por el EPEN en la localidad de Villa Puente Picún Leufú. Con la finalidad de cubrir zonas con baja densidad en la red de información, el EPEN instaló 5 estaciones anemométricas (NRG con sensores calibrados) que cuentan a la fecha con más de un año de datos. En la [Figura 3] se observa la distribución de la red de información y en la [Figura 4] se muestra una de las torres anemométricas instalada en la localidad de Chorriaca.

Se realizó el relevamiento de casi todas las estaciones meteorológicas para comprobar y obtener una descripción in situ de la instalación de los anemómetros, distancia de los mismos a los obstáculos más cercanos y altura de dichos obstáculos.

Los datos obtenidos corresponden a distintos períodos de medición casi todos correspondientes a la última década. Los intervalos de medición también son diferentes, oscilan desde diez minutos a cuatro observaciones diarias. Tanto los datos de intensidad como los de dirección del viento fueron consistidos en forma gráfica o comparados con los datos de salidas de modelos atmosféricos. El análisis estadístico de las muestras exhibió un comportamiento similar al patrón de vientos esperado.

Los vientos de altura (viento geostrófico) se utilizan para extrapolar el campo inicial a lo largo del dominio del modelo. Se utilizaron datos del sitio Web de la Administración Nacional para la Atmósfera y los Océanos de Estados Unidos (NOAA) que provienen del modelo AVN-191 km. Se seleccionaron tres niveles que no están afectados por la capa límite atmosférica [Tabla 1]. Se recopilamos los últimos 5 años de información provenientes de 4 datos por día (de las 3, 9, 15 y 21 hora oficial argentina).

2.2 Procedimiento

Se trabajó dividiendo los mapas de topografía y de rugosidad aerodinámica provinciales en cuatro grandes sectores, que llamamos mosaicos, cada uno de ellos se superpone aproximadamente en un 40 % con los restantes. También se ingresaron los datos de viento de superficie y de altura por separado según lo detallado en la [Tabla 1].

Se ajustaron cuatro mallas cada una de 168 elementos en x , por 287 elementos en y , que fijan una resolución horizontal de 1200 m. Estos mosaicos se trabajaron separadamente para luego unirlos una vez obtenidos los campos de viento y de densidad de potencia a 50m y 70m de altura sobre el suelo.

Tabla 1: Descripción del conjunto de opciones ingresadas en cada uno de los mosaicos.

	MOSAICO 1	MOSAICO 2	MOSAICO 3	MOSAICO 4
Estación Referencia	Barrancas	Quil Malal	Co. California	Co. California
Cantidad Est. Superficie.	9	11	9	11
Niveles Superiores	700-500-400 hPa	850-700-500 hPa	850-700-500 hPa	850-700-500 hPa
Tope Capa Transición	560	600	590	600
Tope Capa Superficie	140	150	140	150

Las velocidades del viento medidas en las estaciones meteorológicas se utilizan para inicializar el campo de viento en la grilla. Antes de comenzar el proceso iterativo para lograr el mapa de vientos final, a cada punto sobre la grilla se le asigna un valor de velocidad inicial del viento, que surge de un promedio ponderado de los datos de superficie, el radio para la ponderación se fijó en 500 m.

El modelo ArgentinaMap trabaja con los datos de una estación de referencia, que hay que especificar, que define las frecuencias de ocurrencia para cada

sector de dirección y por lo tanto las medidas usadas para promediar el campo final de viento. Entonces las rosas de los vientos medidas, de cada estación que no son de referencia, son modificadas en función de la rosa de la estación de referencia, definiéndose así la velocidad utilizada por el modelo como velocidad efectiva.

Las series temporales se ingresaron ordenando sus rosas de frecuencias y de intensidades por dirección en orden de mayor a menor frecuencia, en concordancia con la rosa del viento de la estación de referencia.

En la [Figura 5] se presentan las rosas de los vientos de las estaciones utilizadas como referencia, ordenadas de norte a sur. Se observa la diferencia del patrón de viento, al norte de la provincia, en Barrancas, las mayores frecuencias ocurren con vientos entre 270° y 330° , siendo los más intensos los de 330° con una velocidad media de 13,0 m/seg. También se observa un máximo en la dirección sur pero con menor velocidad: 7,6 m/seg.

En Quili-Malal, en el centro de la provincia, las mayores frecuencias ocurren con vientos de 240° , con muy baja ocurrencia de los otros sectores, las direcciones de mayor velocidad (5,9 m/seg) están agrupadas en los 240° .

En Cerro California, al sur de Quili-Malal, la dirección predominante es 210° coincidiendo con la de mayor velocidad, 9,1 m/seg, a diferencia de la estación anterior se observa mayores frecuencias relativas en el resto de las direcciones. Este análisis muestra un comportamiento del viento acorde a lo esperado para la zona de estudio.

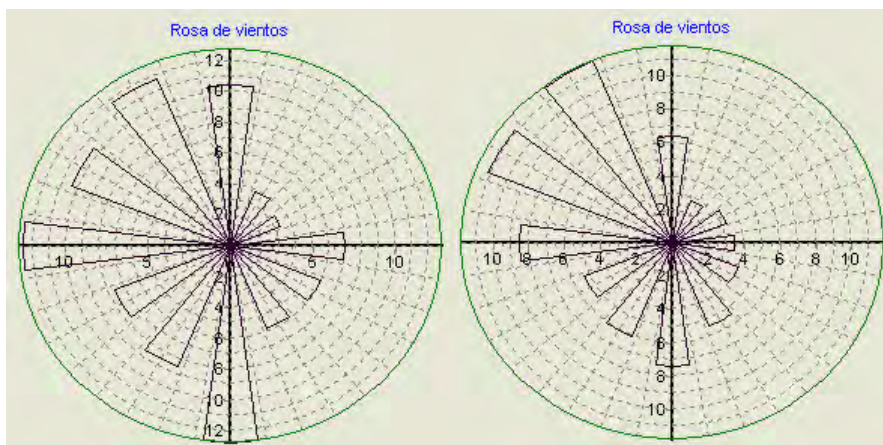
Estas estaciones de referencia de cada mosaico se seleccionaron teniendo en cuenta la calidad de los datos, la correcta instalación de sus sensores, buscando que correspondan a zonas bien expuestas.

No todos los datos de superficie se usaron para la inicialización del modelo.

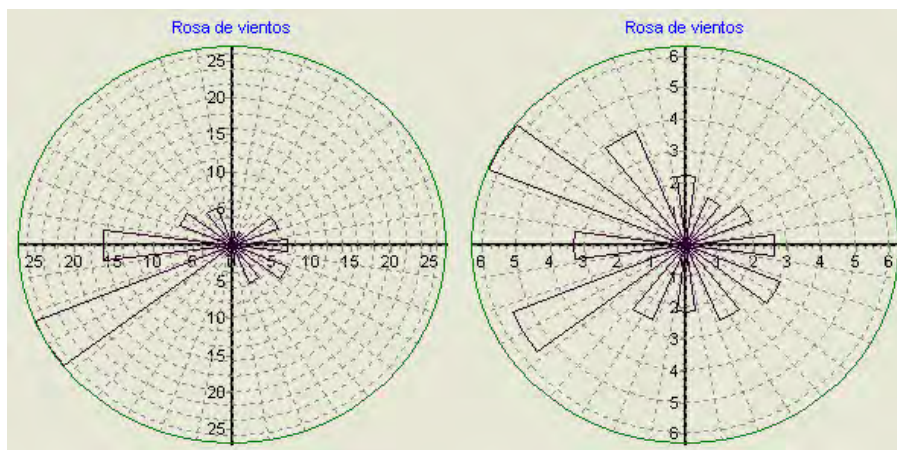
Para el procedimiento iterativo se mantuvo un residuo máximo de 10^{-5} .

Las condiciones atmosféricas utilizadas fueron de un perfil vertical de temperatura estándar con la densidad del aire ajustada por elevación.

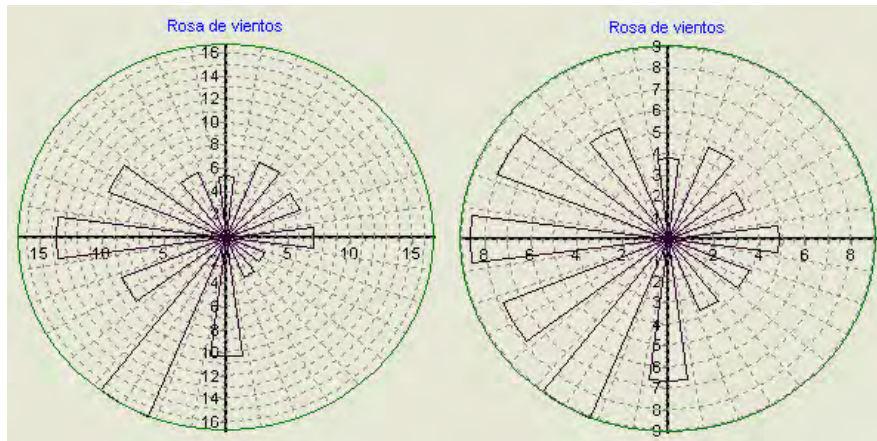
ArgentinaMap necesita estimar los perfiles verticales en la capa límite atmosférica. La altura de la capa límite de superficie y de la capa de transición se determinaron para cada uno de los 4 mosaicos [Tabla 1]. La proporción de estabilidad se la igualó a 1, es decir, una longitud de Monin-Obukhov que implica una capa límite neutral. Este dato se estimó mediante la metodología propuesta por [11] aplicada en una zona de la provincia en [12].



Barrancas:
velocidad media 7,19 m/seg



Quili Malal:
velocidad media 3,75 m/seg



Co California:
velocidad media 6,69 m/seg

Figura 5: Rosa de los vientos de frecuencias porcentuales a la izquierda y de intensidades en m/seg a la derecha de las tres estaciones seleccionadas como de referencia.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

De las 30 estaciones de medición con las que se contó en este proyecto, solamente se utilizaron para ingresar al modelo 24. Las 6 muestras no empleadas corresponden a 4 estaciones ubicadas en la zona de la alta montaña en cotas superiores a 1200m, en algunos casos rodeadas por bosque, y en las otras 2 los anemómetros están instalados muy cercanos a obstáculos por lo que el modelo sobrestimaba las velocidad media, ocasionando errores muy altos.

Los resultados obtenidos confirman que la provincia del Neuquén tiene un recurso eólico muy significativo como se observa en la [Figura 6]. En el norte, en la zona comprendida entre los volcanes Domuyo y Tromen, en la Cordillera del Vientos, y en la Sierra de Chorriaca. En el centro de la provincia en las sierras de Catán Lil. Por último al sur en la región cercana a la Cordillera de los Andes. Si bien muchos de estos lugares mencionados cuentan con excelente recurso eólico

con velocidades medias que superan 15 m/seg, algunos pueden presentar dificultades de desarrollo debido a su accidentado terreno y difícil acceso.

La velocidad del viento media anual predicha por el modelo en las zonas antes mencionadas supera los 7,5 m/seg., que sería suficiente para sostener proyectos económicos de energía eólica. Los valles y zonas bajas son menos ventosas, con velocidades inferiores a los 5 m/seg en algunos lugares.

Los resultados son guardados en bases de datos digitales que contienen la información de cada punto de malla y para cada una de las dos alturas sobre el suelo estudiadas, de la velocidad media del viento, distribución de frecuencias de la dirección del viento, la densidad de potencia, y los parámetros c y k de la distribución de Weibull. En la [Figura 7] se observa que las zonas de vientos más favorables tienen asociadas clase 6 de vientos y mayores, es decir, superiores a 600 W/m² a 70 m de altura [Tabla 2].

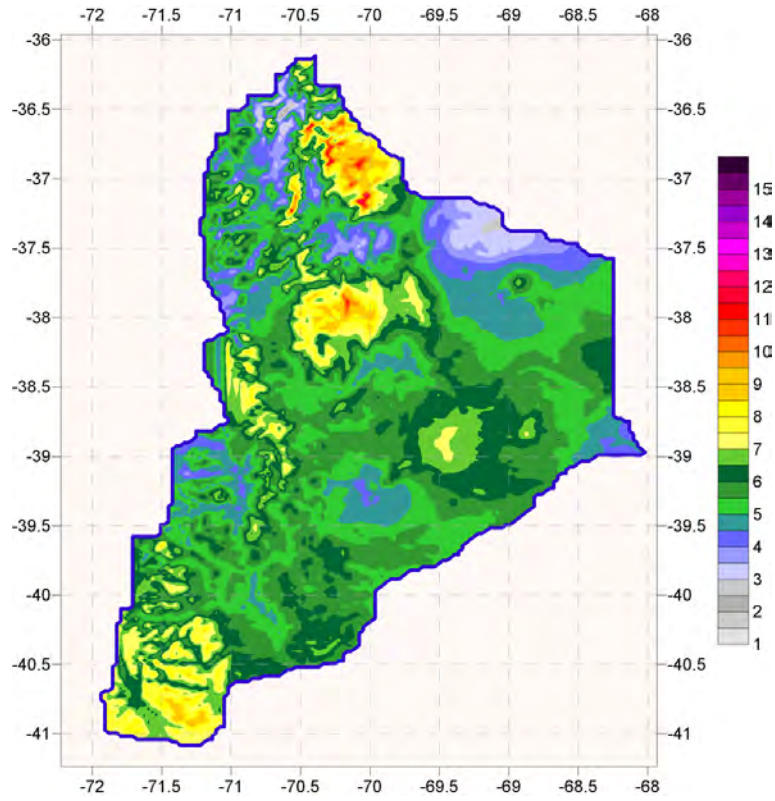


Figura 6: Distribución de la velocidad del viento en m/seg a 70 m de altura sobre el suelo.

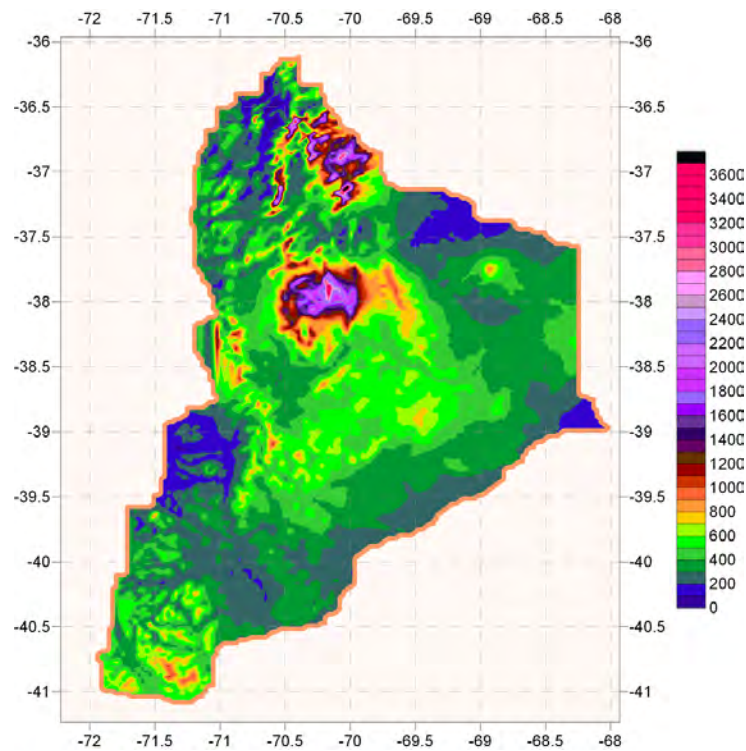


Figura 7: Densidad de potencia W/m² 70 m de altura.

Se estima que existen aproximadamente 41000 km² de terreno con un recurso eólico potencial de bueno a excelente (clases de 4 a 7) en la provincia del Neuquén [Tabla 2] a 70 m de altura. Esta

superficie representa el 43,8 % de la superficie total provincial. Los vientos que superan la clase 7 y que se encuentran en el 0,6% de la superficie provincial corresponden a las altas cumbres.

Tabla 2: Estimación de superficie y porcentaje respecto a la superficie total provincial que tienen cada clase de viento.

Clase	Potencia (W/m ²)	Superficie (km ²)	Porc. de la sup. total (%)
1	0-200	6180,48	6,6
2	200-300	20154,24	21,5
3	300-400	25712,64	27,5
4	400-500	15171,84	16,2
5	500-600	11439,36	12,2
6	600-800	8069,76	8,6
7	800-2000	6261,12	6,7
	> 2000	581,76	0,6

En el presente trabajo, como en otros en los que se han utilizado distintos modelos en diferentes aplicaciones [8, 13], se compara el resultado del modelo con las velocidades verdaderamente medidas en las estaciones meteorológicas puesto que es la primera instancia en la evaluación de la bondad de la predicción.

En esta primera evaluación los resultados del modelo se ajustan bien a los datos medidos en las estaciones meteorológicas. El error raíz cuadrada

media obtenido, que se presenta en la [Tabla 3], fue de 0,75 m/seg y el error porcentual de 13,5 %, que puede deberse a la incertidumbre en los datos. El coeficiente de correlación R² entre los valores de velocidad media predicha por el modelo y el verdaderamente medido en cada una de las estaciones y en cada uno de los mosaicos es: 0,9153 en el Mosaico 1; 0,9086 en el Mosaico 2; 0,7751 en el Mosaico 3; y 0,8277 en el Mosaico 4. Las curvas de ajuste se muestran en la [Figura 8].

Tabla 3: Error raíz cuadrada media (RMSE) y relativo porcentual de c/u de los mosaicos y el promedio general.

	Mosaico 1	Mosaico 2	Mosaico 3	Mosaico 4	Promedio
Error Relativo (%)	18,88	13,61	12,42	9,09	13,5
RMSE (m/seg)	1,04	0,88	0,70	0,37	0,75

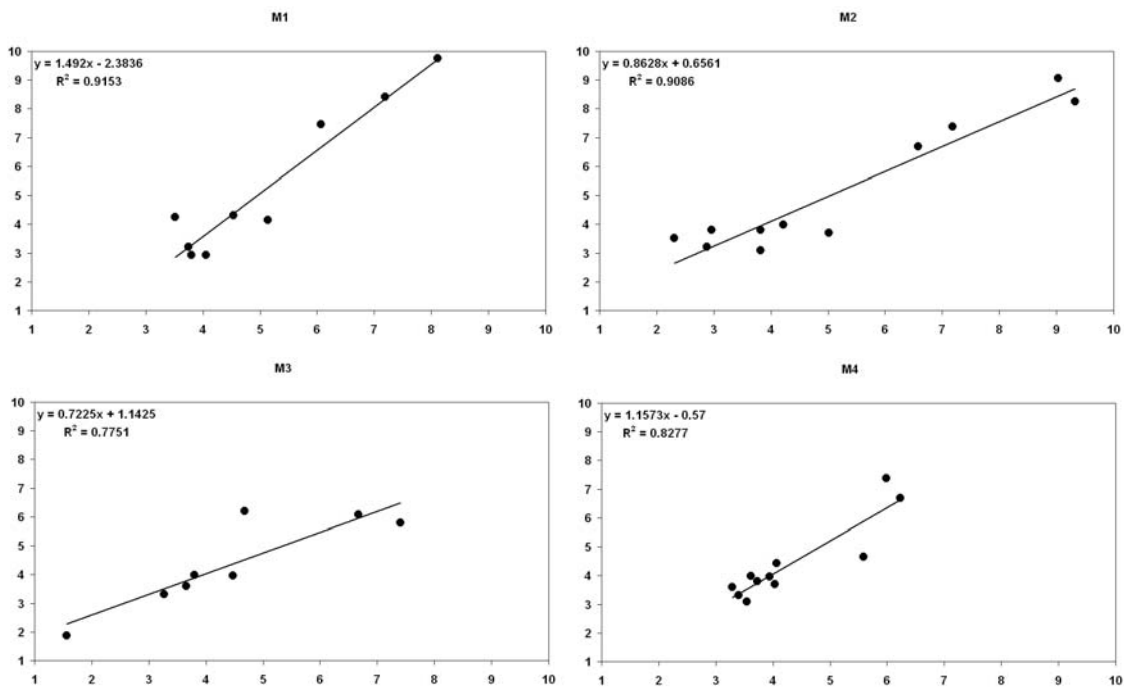


Figura 8: Ajuste lineal, en cada mosaico, entre la velocidad predicha y la velocidad medida.



4. CONCLUSIONES

Se logró la evaluación del recurso eólico de la Provincia de Neuquén a través de un modelo de flujo de aire asociado a un sistema de información geográfica.

Los resultados obtenidos confirman que la provincia del Neuquén tiene un recurso eólico muy significativo. Las regiones más promisorias son la zona comprendida entre los volcanes Domuyo y Tromen, la Cordillera del Viento, la Sierra de Chorriaca,, las Sierras de Catán Lil y al norte del lago Nahuel Huapí.

La velocidad del viento media predicha por el modelo a 70 m de altura, en estas áreas, supera los 7,5 m/seg, que sería suficiente para sostener proyectos económicos de energía eólica. Los valles y zonas bajas son menos ventosas, con velocidades inferiores a los 5 m/seg en algunos lugares.

Un gran porcentaje del área provincial puede desarrollar emprendimientos eólicos a escala comercial.

Se estimó que 43,8 % de la superficie total provincial tiene un recurso eólico potencial de bueno a excelente a 70 m de altura.

Los resultados de la primera valoración de la bondad del ajuste entre la predicción hecha por el modelo y los datos medidos en las estaciones meteorológicas es buena. El coeficiente de correlación lineal R^2 fue de 0,85. El error relativo fue de 13,5 %. Posteriores evaluaciones requerirán determinar una estación meteorológica testigo.

Con la finalidad de minimizar errores se podrán incorporar series de datos viento de períodos más largos.

Agradecimientos. Agradecemos a los organismos públicos y empresas privadas por los datos provistos. Agradecemos al EPEN su autorización para la presentación de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Barros, V., Evaluación del potencial eólico en la Patagonia, Meteorológica, XIV, 1 y 2, 473-484 (1983).
- [2] Labraga, J.C., Extreme winds in the Pampa del Castillo plateau, Patagonia, Argentina, with referente to wind farm settlement, Journal of Applied Meteorology, 33, 1, 85-95 (1994).
- [3] Lässig, J.L., Cogliati, M.G., Bastanski, M.A. y Palese, C., Wind characteristics in Neuquén, North Patagonia, Argentina, J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 79, 183-199 (1999).

- [4] Palese, C. y Lässig, J.L., Lago Mari Menuco. Parte I: caracterización del recurso eólico, Energías Renovables y Medio Ambiente, 1 N°2, 168-171 (1997).
- [5] Palese, C., Vientos intensos en la región norpatagónica, Energías Renovables y Medio Ambiente, 3 N° 2, 177-180 (1999).
- [6] Palese, C., Lässig, J.L., Cogliati M.G. y Bastanski, M.A., Wind regime and wind power in North Patagonia, Argentina. Wind Engineering, 24, 5, 361-377 (2000).
- [7] Potts, J.R., Pierson, S.W., Maticen, P.P., Harnel, J.R. y Babau, V.C., Wind energy resource assessment of western and central Massachusetts. Actas American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-2001-0060, 11pp (2001).
- [8] Warchomicka, N., Palese, C., Pedro, G., Mattio, H. y Lässig, J., Evaluación del recurso eólico del Departamento Confluencia de la Provincia del Neuquén, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 9, 06: 39-44,(2005).
- [9] Colomb, F.R., Alonso, C., Hofmann, C. y Nollmann, I., SAC-C mission, an example of international cooperation. Advances in Space Research, 34, 10, 2194-2199 (2004).
- [10] Palese, C., Longitud de rugosidad aerodinámica estimada de datos MMRS/SAC-C del Departamento Confluencia (Provincia Del Neuquén). Primera aproximación, Anales IX Congreso Argentino de Meteorología, CCC-16, Bs.As. OCT/2005 (2005).
- [11] Golder, D., Relations among stability parameters in the Surface layer. Boundary Layer Meteorology 3, 47-58 (1972).
- [12] Palese, C., Estimación de las condiciones de estabilidad atmosférica en el Departamento de Zapala de la Provincia del Neuquén, Actas XI Reunión Argentina de Agrometeorología, La Plata, SET/2006, 175-176 (2006).
- [13] Venalainen, A., Sahlgren, V., Podsechin, V., y Huttula, T., Small-scale variability of the wind field over a typical Scandinavian lake. Boreal Environment Research, 8, 71-81 (2003).

ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO EN ÁREAS RURALES DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN MEDIANTE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Ing. Graciela Pedro
Ente Provincial de Energía del Neuquén, EPEN
Calle La Rioja 385, (8300) Neuquén - ARGENTINA
gpedro@epen.gov.ar

Resumen

El Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN), es la empresa del estado encargada del abastecimiento eléctrico en la provincia, y desde hace varios años ha implementado el servicio de suministro de energía fotovoltaica en áreas rurales que no pueden ser abastecidas, en el mediano o largo plazo mediante líneas eléctricas. Actualmente cuenta con aproximadamente 600 usuarios asociados a este servicio, comprendiendo viviendas y servicios públicos (escuelas, puestos sanitarios, etc.) y se están realizando las instalaciones a 530 nuevos usuarios, 20 servicios públicos y 14 puestos de Gendarmería Nacional. En este artículo se presentan los aspectos relacionados a la implementación de este servicio y los resultados obtenidos.

Introducción

La Provincia del Neuquén tiene 475.155 habitantes (2001), con una densidad media de 5,0 habitantes por km². La población urbana representa el 89 % del total, concentrándose el 56 % en tres de sus municipios (Neuquén, capital provincial, Cutral Co y Zapala).

El suministro de energía eléctrica en la provincia es brindado por el Ente Provincial de Energía del Neuquén, EPEN, el que realiza las actividades de transporte y distribución en el ámbito provincial, con excepción de la

distribución en cuatro municipios, entre los cuales se encuentran los tres antes mencionados, y que son atendidos por cooperativas eléctricas. Asimismo el EPEN opera y mantiene las líneas de transmisión en 132 kV del Sistema Eléctrico Provincial [FIGURA 1]. La mayor parte de la energía eléctrica que se distribuye proviene de las grandes unidades de generación hidroeléctrica y térmica ubicadas en la región. Asimismo el EPEN con centrales térmicas propias abastece cuatro localidades no conectadas al Sistema Eléctrico Provincial [TABLA 1].

Tabla 1: Datos Ente Provincial de Energía del Neuquén – EPEN.

Ente Provincial de Energía del Neuquén	
Sistema de Transporte	Sistema de Distribución
Lineas 132 kV: 1083 km	Lineas 13,2 kV: 1423 km
Lineas 33 kV: 926 km	Lineas baja tensión: 1168 km
Estaciones transf. 132/33/13,2 kV: 16	Subestaciones Transf.: 1611
Potencia instalada: 487 MVA	Generación
Estaciones transformadoras 33/13,2 kV: 15	Centrales térmicas: 4
Potencia instalada: 65 MVA	Central geotérmica: 1 (687 kW)



Figura 1: Sistema eléctrico provincial

El EPEN abastece en su mercado concentrado, 49.097 usuarios de los cuales el 99,8 % son usuarios generales y el 0,2 % grandes usuarios.

Mercado eléctrico disperso

El mercado eléctrico disperso es aquel que está fuera del área de cobertura del sistema eléctrico convencional (redes de distribución) y está

constituido por población rural que, por su alto grado de dispersión como así también por su distancia a las redes eléctricas no es posible abastecer, al menos en el mediano plazo, mediante el tendido de líneas.

Con el objeto de brindar un servicio eléctrico a este mercado, desde hace aproximadamente 15 años el EPEN viene instalando sistemas fotovoltaicos individuales. Las primeras instalaciones se efectuaron en escuelas y puestos sanitarios con el objeto de disminuir costos y superar problemas logísticos asociados a la operación y mantenimiento de los grupos diesel instalados principalmente en las escuelas, mejorando a su vez la calidad del servicio. Luego se adoptó esta alternativa para la prestación del servicio a viviendas rurales.

De esta manera, en paralelo con las obras de electrificación rural mediante líneas, el EPEN ha realizado numerosas obras de provisión de energía fotovoltaica abasteciendo a más de 600 usuarios con una potencia total instalada de aproximadamente 128 kW [TABLA 2], encontrándose en ejecución instalaciones para 530 nuevas viviendas, 20 servicios públicos y 14 puestos de gendarmería nacional.

Tabla 2: Mercado disperso - Instalaciones actuales

	Cantidad	Potencia kW
Viviendas	592	63,09
Escuelas	53	55,81
Gendarmeria	1	1,63
Puestos Sanitarios	31	6,94
Edificios comunitarios	8	0,99
Total	685	128,46

Características técnicas de las instalaciones

El tamaño y las características de las instalaciones varían según se trate de viviendas residenciales o servicios generales tales como escuelas, puestos sanitarios o puestos de Gendarmería.

En el caso de las viviendas [FIGURA 2] los sistemas de generación están diseñados para satisfacer los consumos de iluminación y comunicación social (radio, televisión); la potencia de los sistemas varía de 50 W a 180 W.

El sistema está conformado por los módulos fotovoltaicos, su estructura soporte, las baterías, el regulador de carga y un pequeño adaptador de voltaje que permite disponer de tensiones inferiores a 12 V para el uso de los radios.



Figura 2: Instalación fotovoltaica en vivienda Paraje Reñileuvú.

Los módulos fotovoltaicos son de silicio mono o policristalino; la estructura soporte de módulos está montada sobre una columna constituida por un tubo de hierro galvanizado empotrada en una fundación de hormigón.

Las baterías, especialmente aptas para uso solar, son de plomo-ácido de 12 V, tipo monoblock, estacionarias, de placas planas, electrolito líquido y bajo mantenimiento. Las baterías son colocadas en un contenedor de material plástico de alta resistencia con tapa y salida de ventilación al exterior de la vivienda. El regulador de carga, construido por elementos de estado

sólido y controlado por microprocesador, tiene además como función desconectar el consumo cuando la profundidad de descarga de la batería supera el nivel máximo.

Los convertidores de voltaje son de 12 Vcc de tensión de entrada y salidas de 3 - 6 - 7,5 - y 9 Vcc, entregando una corriente no inferior a 1,5 A.

Un tablero general contiene un interruptor termomagnético y dos seccionadores con fusibles unipolares en los circuitos de conexión del regulador con: el consumo, los módulos y las baterías respectivamente.

Las instalaciones internas en las viviendas se realizan en 12 Vcc con la utilización de luminarias fluorescentes de bajo consumo aptas para esa tensión.

El costo del equipamiento fotovoltaico para las viviendas se encuentra en aproximadamente 12 US\$/Wp (marzo 2006), llegando a los 16 US\$/Wp al considerar el montaje y la ejecución de la instalación eléctrica interna en la vivienda, con los materiales correspondientes.

En el caso de las escuelas [FIGURA3] las potencias de los sistemas van desde 600 W a 2880 W. La tensión de generación es de 24 Vcc convirtiéndose a 220 Vca mediante un inversor. Los inversores son de 2400 ó 3300 W dependiendo del tamaño de la instalación, en algunos casos fue necesario instalar dos inversores. Dado que en la mayoría de las escuelas existían grupos diesel, se seleccionaron inversores con función cargadora de baterías a fin de permitir que éstas puedan cargarse durante el funcionamiento del grupo.



Figura 3: Instalación fotovoltaica en escuela Paraje Laguna Miranda

Las baterías son de Plomo-Acido estacionarias, con placa positiva tubular, de electrolito líquido y reducido mantenimiento. La tensión nominal de cada batería es de 2 V y su capacidad nominal igual a la nominal del banco [FIGURA 4].



Figura 4: Banco de baterías en escuela

En los puestos sanitarios [FIGURA 5] la potencia de los sistemas varía entre 240 y 320 W, contemplándose también el uso de inversor para contar con tensión alterna en 220 V.

Análisis económico.

Aunque los costos de inversión en sistemas fotovoltaicos por unidad de potencia puedan parecer altos con relación a otros sistemas de generación, se puede demostrar que para pequeños consumos y/o condiciones de difícil acceso, los sistemas fotovoltaicos resultan más convenientes en términos económicos que otras alternativas de abastecimiento.



Figura 5: Instalación fotovoltaica en Puesto Sanitario – Paraje San Ignacio

Este tipo de comparaciones se realizó tanto para el caso de usuarios residenciales como para escuelas utilizando como herramienta de análisis el software HOMER desarrollado por el NREL (Laboratorio Nacional de Energías Renovables de USA) el cual compara diferentes alternativas teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos energéticos en el sitio y sus costos, los costos de inversión así como los de operación y mantenimiento durante el ciclo de vida (20 años en este caso), siendo la figura de mérito el valor presente neto de todos los costos. Cabe la posibilidad de incorporar los ingresos por venta de energía pero como las tarifas están subsidiadas cualquiera sea el tipo de abastecimiento se prefirió no tomar en cuenta los ingresos para así determinar el valor presente de todos los egresos.

En la [TABLA 3] se resumen los resultados obtenidos al comparar sistemas de abastecimiento con módulos fotovoltaicos, generador eólico y/o grupo diesel para satisfacer demandas que van desde 0,28 kWh/d hasta 2,5 kWh/d. Para todas las demandas menos la más grande la alternativa de menor valor presente neto e inclusive de menor inversión inicial resulta ser la de los sistemas fotovoltaicos. Para demandas de 2,5 kWh/d la mejor opción es un sistema híbrido diesel/fotovoltaico.

En la [FIGURA 6] se representa la energía producida anual por el sistema FV y/o el grupo diesel según corresponda en función de la demanda diaria de energía y en la [FIGURA 7] se representa la energía producida total anual y la distancia a partir de la cual es más conveniente un sistema autónomo que la extensión de la red, también en función de la demanda media diaria de energía. Contar con un sistema híbrido de abastecimiento brinda mayor seguridad al suministro pero no siempre se justifica económicamente. Por ejemplo para el caso de la demanda diaria de 1,39 kWh/d el agregado del grupo diesel representa un incremento del valor presente neto inferior

al 10% lo cual puede ser perfectamente justificado pero para demandas muy pequeñas, por ejemplo del orden de los 300 Wh/d, agregar

un grupo electrógeno significa casi triplicar la inversión inicial y duplicar el valor presente neto.

Tabla 3: Resultados de la comparación de distintos sistemas de abastecimiento

Demanda diaria [kWh/d]	Potencia Módulos FV [Wp]	Potencia generador diesel [kW]	Capacidad Batería [Ah]	Inversión Inicial US\$	Valor Presente Neto US\$	Fracción energía renovable [%]	Hs. de marcha grupo diesel [hr/año]
0,28	120	-	225	1.317	2.730	100	-
0,37	120	-	450	1.585	3.034	100	-
0,56	180	-	675	2.378	4.550	100	-
0,83	360	-	450	3.683	7.997	100	-
1,11	360	-	900	4.755	9.101	100	-
1,39	480	-	1125	5.536	11.289	100	-
1,67	600	-	1125	6.585	13.820	100	-
2,50	600	7	2250	10.425	19.017	86	76

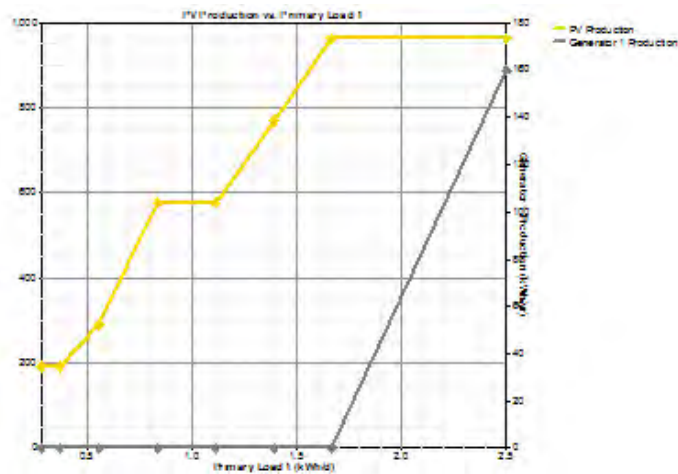


Figura 6: Energía anual producida por cada sistema vs energía demandada

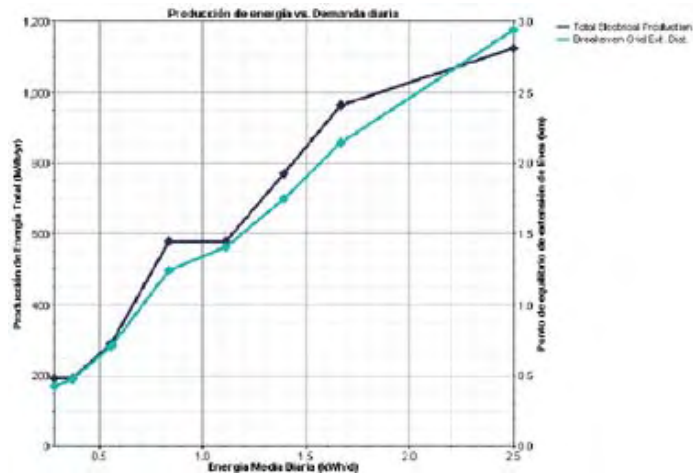


Figura 7: Energía total anual producida y distancias de equilibrio vs. energía diaria demandada



Prestación del servicio

El abastecimiento eléctrico mediante sistemas fotovoltaicos se ha implementado bajo la concepción de un servicio propiamente dicho, por lo que el EPEN no sólo realiza la instalación de los equipos sino que atiende también el mantenimiento, con la reposición de baterías al finalizar su vida útil y la reparación o reposición de los elementos que presentan fallas. Si bien, conjuntamente con la instalación del sistema fotovoltaico, se realiza la instalación eléctrica interna en las viviendas o edificios correspondientes, el mantenimiento sólo se realiza sobre el primero, quedando a cargo del usuario la instalación interna. Los equipos fotovoltaicos son entregados a los usuarios en comodato y sin costo inicial.

Se ha establecido, en cambio, una tarifa mensual fija por el servicio, de acuerdo al tamaño de los sistemas instalados. Por razones logísticas, en el caso de las viviendas, la emisión de las facturas se realiza dos veces al año, en los meses de abril y octubre, por lo que el usuario paga 6 meses en cada factura.

Las tareas de mantenimiento se realizan desde las cuatro Unidades de Servicios Regionales del EPEN. El personal de mantenimiento de estas Unidades es apoyado por personal de las bases operativas de la empresa ubicadas en localidades cercanas a las áreas con abastecimiento fotovoltaico.

Financiamiento y subsidios

Debido a la asimetría existente entre los costos de adquisición e instalación de los sistemas de abastecimiento y la capacidad de pago de los destinatarios, de escasos recursos económicos, las obras ejecutadas se han financiado a través del Fondo de Desarrollo Eléctrico del Interior (FEDEI) y con fondos propios del EPEN.

Actualmente la Provincia está participando en el Proyecto Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), que lleva adelante la Subsecretaría de Energía de la Nación, con financiamiento del Banco Mundial, y aportes del Fondo para el Medioambiente Mundial (GEF). Este Proyecto constituye otra fuente de

financiamiento parcial para la adquisición y montaje de sistemas fotovoltaicos, aportando el resto, el gobierno de la Provincia.

Asimismo, los estudios realizados indican que, aun considerando los subsidios a la inversión inicial que se mencionan en el párrafo anterior, las tarifas resultantes hacen, en muchos casos, inaccesibles los servicios a los habitantes de las áreas rurales. Esta realidad hace, que para que sea factible el acceso a los servicios por sus auténticos destinatarios, se deba considerar también un subsidio a la tarifa mensual, para cubrir la brecha entre la capacidad de pago de los clientes y la tarifa que hace sustentable el servicio.

Régimen de prestación del servicio

Mediante Decreto Provincial se aprobó el Régimen de Prestación del Servicio Público de Abastecimiento Eléctrico a los Usuarios Individuales del Mercado Rural Disperso de la Provincia del Neuquén, el que tiene por objeto establecer las normas para la prestación de este servicio, por parte del EPEN, para el desarrollo de:

a).- Las actividades de provisión, instalación de los equipamientos e instalación interna (por única vez), operación, mantenimiento y comercialización de los servicios de energía eléctrica, para pequeñas demandas residenciales y generales individuales, usando todo tipo de fuente de energía renovable.

b).- Las actividades que hagan a una adecuada prestación de los servicios.

El mismo Decreto crea el Fondo de Subsidio para la Bonificación del Consumo para los usuarios individuales del Mercado Rural Disperso. El Régimen aprobado, establece como Autoridad de Aplicación al Ministerio de Empresas Públicas, del cual depende el EPEN, prestador del servicio. El Régimen contiene entre sus anexos, el régimen tarifario, los subsidios a aplicar a los clientes de este mercado y los procedimientos para el desembolso de los mismos, las normas de calidad del servicio y el reglamento de suministro.

El régimen tarifario establece la clasificación de los clientes en categorías, según la potencia de la unidad de generación instalada y la energía mínima puesta a disposición en el mes de menor disponibilidad del recurso; también contiene el cuadro tarifario pleno, que refleja los costos reales de los servicios prestados y el cuadro tarifario a clientes, con los montos a pagar por los usuarios luego de la aplicación de los subsidios correspondientes. Cabe señalar que dichos subsidios se aplican a las categorías inferiores a 200 Wp. También se establecen los montos a pagar por el usuario por el derecho de rehabilitación y reconexión del servicio que hubiese sido suspendido o cortado de acuerdo a lo establecido por el reglamento de suministro que, como se mencionó anteriormente, también forma parte de éste Régimen.

fotovoltaico, debido a la madurez alcanzada por esta tecnología.

- ✓ Admite la posibilidad de reemplazar directamente un componente averiado, sin necesidad de volver al sitio. Este es un factor favorable para los costos de O&M.
- ✓ Los mayores problemas se presentan en las luminarias de 12 V de bajo consumo; la oferta en el país es baja, se fabrican especialmente como luminarias de emergencia y no resultan muy adecuadas para uso prolongado. Se obtienen ciertas mejoras en sus características cuando se especifica en la compra su destino.

Resultados obtenidos

Grado de aceptación de los usuarios:

- ✓ Hay un muy buen grado de aceptación de la tecnología por parte de los usuarios.
- ✓ No se presentan dificultades para adaptarse al uso de esta tecnología.
- ✓ Se reconocen como factores favorables: la considerable mejora en la calidad de iluminación respecto al uso de faroles o velas; la disponibilidad de energía las 24 horas del día y la disminución del gasto, especialmente en pilas.
- ✓ En general se aprecia un buen cuidado de las instalaciones, principalmente de la batería.

Barreras principales en la prestación del servicio:

- ✓ Ubicación geográfica de los usuarios, residentes en áreas alejadas, con accesos en algunos casos dificultosos e incluso intransitables en algunas épocas del año.
- ✓ Dispersión geográfica de los usuarios.
- ✓ Los canales de comunicación con los usuarios se dificultan por las condiciones antes planteadas.

Tecnología fotovoltaica:

- ✓ No se presentan dificultades para la especificación y adquisición del equipamiento

Proyecto Geotérmico de Copahue

Luis Carlos Mas

EPEN, Calle La Rioja 385, (8300) Neuquén, República Argentina

lmaz@epen.gov.ar

Resumen:

El proyecto geotérmico de Copahue, comenzó a desarrollarse en el año 1974, a partir de la crisis energética ocurrida durante los primeros años de aquella década, y de las características observadas de este yacimiento termal. En el año 1988, se instaló una planta piloto de ciclo binario, con una capacidad de 670 kWe.

En 1992 se terminó un estudio de factibilidad técnico – económica. Para aquel tiempo se produjo una profunda transformación, no solo en la República Argentina, sino en todo el mundo, en el escenario de la economía y política global. En el marco del nuevo modelo, se produjeron cambios radicales sobre las regulaciones existentes, incluyendo la privatización, en gran parte del país, de los sectores de generación, transporte y distribución de energía. En 1996-97, la Provincia del Neuquén construyó un sistema de calefacción en la villa de Termas de Copahue.

En función de algunos cambios que se produjeron en el escenario político y económico; se ha producido una renovación en el interés por reactivar el proyecto geotérmico del Neuquén.

Introducción:

El campo geotérmico de Copahue, está ubicado en cercanías del límite entre Argentina y Chile, en la Provincia del Neuquén; aproximadamente en los 37° latitud sur, y 71° longitud oeste. Está en la cordillera de los Andes, a una altitud entre 1.600 y 2.900 metros sobre el nivel del mar (msnm); en el valle semielíptico de Caviahue – Copahue, que tiene aproximadamente unos 15 km de norte a sur, y unos 20 km de este a oeste.

Este valle consiste en una caldera volcánica que fue formada durante la evolución efusiva de un complejo, que tuvo comienzo hace aproximadamente unos 4,3 millones de años, durante el Plioceno (Linares et al., 1999). En la última fase de esta evolución, que comenzó aproximadamente hace un millón de años, en el Pleistoceno Superior, se formó el actual volcán Copahue.

El complejo eruptivo Copahue, caracteriza (y da su nombre) a un sistema de complejos volcánicos, conocidos colectivamente como “Zócalo Volcánico de Copahue” (Ramos, 1978), y que cubren un área de alrededor de 10.000km² en la parte centro oeste de la Provincia del Neuquén. Al este de dicha área, se ubican los sedimentos de la cuenca mesozoica neuquina, caracterizada por la presencia de depósitos de hidrocarburos. La Provincia del Neuquén es la mayor productora de petróleo y gas de la República Argentina.

El fondo del valle de Copahue y Caviahue presenta una inclinación hacia el ENE, con una altitud que va desde los 1700-1800 msnm en el oeste, hasta unos 1500 metros en el noreste. El borde de este valle,

presenta una altitud de aproximadamente 2000 metros, excepto en el caso del volcán Copahue, que alcanza una altura de 2.977 metros sobre el nivel del mar.

El volcán Copahue está cubierto por glaciares y acumulaciones de nieve, en forma permanente. Glaciares cubrieron esta área, en tiempos pleistocénicos, lo que produjo erosión de la misma. Estrías glaciares pueden ser encontradas en algunos sectores correspondientes al volcán Copahue, en rocas del fondo de la caldera, y en otros valles circundantes al principal. La influencia glaciaria también puede ser vista en la forma de “U” de dichos valles. El lago Caviahue (Figura 1), el más grande de la región, también fue formado por la acción glaciaria. Existen numerosos arroyos y lagunas que deben su origen a las características particulares de la región, y a las intensas precipitaciones (Figura 2).

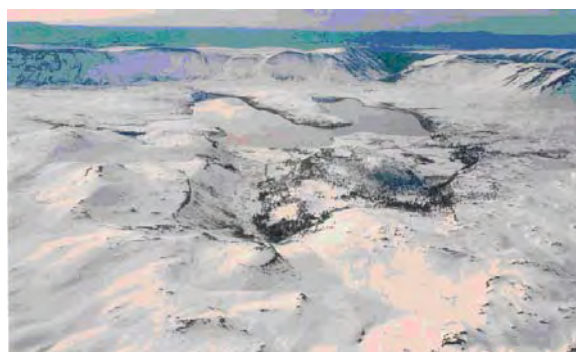


Figura 1: Vista aérea del lago Agrio.

La precipitación media anual es de alrededor de 2.000 mm, la mayor parte de la cual es producto de

nevadas en invierno. La temporada de nevadas abarca aproximadamente desde mayo hasta noviembre.

Esta región es famosa por sus termas. Hay ocho sitios con manifestaciones termales, conocidas como Termas de Copahue, Las Máquinas, Las Maquinitas, El Anfiteatro, Las Mellizas, Laguna del Cráter, la Vertiente del Volcán y Chanco Có (este último ubicado en territorio chileno). Algunas de estas son utilizadas para balneoterapia, a través de instalaciones existentes en Termas de Copahue y en Las Máquinas. El agua de la Vertiente del Volcán es usada para balneoterapia en Termas de Copahue y en Caviahue.

Hay dos villas en el área, Caviahue y Termas de Copahue, cuya principal actividad es la turística. Caviahue tiene una población de alrededor de 500 habitantes, y fue fundada en 1986. La villa de Copahue no tiene una población estable permanente, debido a las condiciones climáticas durante el invierno. Desde junio hasta septiembre solo queda personal de seguridad. El área ha cobrado fama a través de los tiempos, por las propiedades benéficas de sus recursos termales (aguas, vapores y barros); los que ya eran usados por los pobladores originarios de esta zona. Existen registros del uso de estas termas, con propósitos terapéuticos, desde principios del siglo pasado.

Las características geográficas de la región de Copahue, sus paisajes, con arroyos, cascadas y los típicos bosques de araucarias; una temporada de esquí de hasta seis meses, con otros deportes de aventura o naturales disponibles, junto a los recursos termales descritos más arriba, han hecho que esta región incremente su atractivo como destino turístico, en los últimos años. Consecuentemente existen varios proyectos para la construcción de hoteles y otras instalaciones para el turismo, que incrementaría su capacidad hotelera de unas 1.200 plazas actuales a 3.000 plazas en pocos años.



Figura 2: Arroyo Agrio con la cascada El Basalto (Caviahue).

Historia del Proyecto Geotérmico:

La exploración del campo geotérmico de Copahue comenzó en 1974, y se desarrolló en varias etapas; la primera de las cuales consistió en los relevamientos geológicos, geoquímicos, geofísicos (gravimetría) y pozos de gradiente. En 1976 comenzaron los trabajos de perforación del primer pozo exploratorio profundo (COP-1).

La segunda etapa del proyecto comenzó en 1980, con nuevos estudios de geología, la geoquímica de fluidos y geofísicos (sondeos eléctricos verticales – SEV). En 1981 el pozo COP-1 fue modificado y terminado (profundidad 1.414 metros). Los parámetros del pozo resultaron satisfactorios, y produjo vapor sobrecalentado.

En 1986, se perforó el segundo pozo, el COP-2, con una profundidad de 1.240 m, y que también produjo vapor sobrecalentado. En 1988 se instaló una planta piloto de ciclo binario en el pozo COP-1, con una capacidad de 0,67 MWe. En ese mismo año, comenzaron los trabajos correspondientes al Estudio de Factibilidad Técnico Económica, con la cooperación de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA-EPEN, 1992).



Figura 3: Planta geotérmica instalada en COP-1.

El estudio incluyó la perforación del pozo COP-3, hasta una profundidad de 1.067 metros, que también produjo vapor sobrecalentado. La producción calculada de este pozo es de aproximadamente 60 t/h de vapor, y el informe final proveyó el proyecto para la instalación de una planta geotérmica de 30 MWe. Para ese tiempo, se produjeron profundos cambios en el escenario político y económico de la República Argentina, en coincidencia con cambios producidos a nivel global. Esto provocó la privatización de gran parte de la generación, transporte y distribución de energía eléctrica en la República Argentina. En 1997-98, la Provincia del Neuquén implementó un Sistema de Calefacción en la villa de Copahue, usando vapor geotérmico para el calentamiento de las calles, el

para el derretimiento de la nieve sobre ellas; y la disponibilidad de vapor para la calefacción de edificios. Este sistema consistía en una cañería incluida en placas de hormigón armado que constituían las calles. Estas serpentinas transportan el vapor geotérmico, el cual se condensa transmitiendo su temperatura al ambiente. De este modo, la temperatura es transmitida por conducción, convección y radiación.

En algunos estudios efectuados (Berwyn, 1998), se observó que con temperaturas de ambiente entre 0 y -15 °C, y vientos de 65 km/h; la temperatura de dos placas construidas para estudio, se mantenían por encima de los 5 °C, y sin nieve sobre ellas, aún cuando en ese sitio, la acumulación de nieve superaba los 4,5 metros. El vapor que alimentaba el sistema se mantenía constante, con una presión de 0,2 Mpa y una temperatura de 121 °C. El mayor consumo de vapor fue de 50 kg/h/placa.

La extensión total del sistema de calefacción es de 1.880 metros, con placas de 7,5 por 6,5 m y un espesor de 0,20 m. El consumo promedio de vapor es de alrededor de 37 kg/h/placa; y las cañerías de las serpentinas están construidas con acero al carbono, tipo ASTM A 106 Gr B.

El sistema es alimentado por dos pozos, el COP-2 y el COP-4; y el vapor es transportado por una cañería de 2.396 m de longitud.



Figura 4: Calle de Copahue: sistema de calefacción funcionando.

A partir de las mediciones efectuadas sobre los cuatro pozos perforados en este campo, se han obtenido los siguientes parámetros de reservorio:

- COP-1:
 - Temperatura estática: 250 °C
 - Presión estática: 4.0 MPa
 - Caudal: 12-15 t/h (1.0-1.4 MPa)
- COP-2:
 - Temperatura estática: 235 °C
 - Presión estática: 3.5 MPa
 - Caudal: 6 t/h (0.6 MPa)

- COP-3:
 - Temperatura estática: 240 °C
 - Presión estática: 4.0 MPa
 - Caudal: 50-60 t/h (1.0 MPa) (calculado)
- COP-4:
 - Temperatura estática: 235 °C
 - Presión estática: 4.0 MPa
 - Caudal: 50 t/h (1.0 MPa)

Estudios efectuados sobre muestras de rocas de los pozos, han revelado algunos datos interesantes, con respecto al reservorio; estos incluyen la presencia de minerales de alteración, como ceolitas cálcicas, estilbita, laumontita y wairakita, acompañadas por epidoto, prehnita, granate, clorita y tremolita; cuyos rangos de temperatura de equilibrio están entre los 200 y los 300 °C (Mas et al, 1995). Esta información ha sido corroborada por los estudios de inclusiones fluidas (Mas et al., 1993), en los que se determinaron temperaturas de homogenización entre 240 y 280 °C, en el cuarzo coexistente con la Wairakita.



Figura 5: Pozo COP-4 y vaporducto (volcán Copahue) .

A partir de otros estudios, se determinó que existe un fuerte control estructural sobre el reservorio geotérmico (Mas et al., 2000), lo que fue confirmado durante las perforaciones. Todos estos datos, junto a los relevamientos geofísicos y geoquímicos, indican la presencia de recursos geotérmicos de alta temperatura, en niveles por debajo de los alcanzados hasta el presente.

Existe un sistema de fallas geológicas, que han afectado el complejo volcánico, y cuyo rumbo principal es N55W y sus asociadas son N55E, EW y N40W.

El reservorio geotérmico está emplazado predominantemente en zonas con permeabilidad secundaria, en lavas calcoalcalinas y rocas piroclásticas de la Formación Las Mellizas, y está

constituido en los niveles conocidos, por vapor sobrecalentado.

Entre los estudios mencionados más arriba, se encuentra un mapa de distribución del Flujo de Calor, que se efectuó con los datos obtenidos de doce pozos perforados a tal fin, con profundidades que fueron de los 50 a los 200 metros.

Este mapa muestra la distribución de este parámetro en un área de unos 100 km², con valores por encima del promedio mundial de 60 mW.m⁻². Estos datos permiten considerar que la anomalía termal es importante, con valores pico que superan hasta seis veces el promedio mundial.

El análisis comparativo de la distribución del flujo de calor, con el esquema tectónico de esta área, muestra la correlación que existe entre el eje de elongación del área con los mayores valores de flujo de calor, con los mayores lineamientos estructurales de la zona, determinados por métodos tradicionales como la geología y por las imágenes de sensores remotos. El mapa de distribución de flujo de calor también muestra que existe una zona con un potencial interés, en cercanías de la localidad de Caviahue; no obstante lo cual debe ser aún confirmado.

Situación Actual:

A partir de los cambios producidos en la situación política y económica del país; se fortalecieron las perspectivas de reiniciar el proyecto geotérmico de la Provincia del Neuquén. En función de ello, el EPEN (Ente Provincial de Energía del Neuquén), empresa responsable de la provisión de energía en gran parte del territorio provincial, ha iniciado los trabajos para poner en servicio nuevamente a la central geotérmica de Copahue. Esta planta estaba fuera de servicio, debido principalmente a cuestiones operativas. Asimismo, el EPEN está reiniciando el proyecto de instalar una central de mayor capacidad, destinada a satisfacer la demanda energética de esta zona.

Con los nuevos proyectos turísticos en desarrollo, la demanda de energía ha aumentado, y en el futuro cercano superará la capacidad de la línea de transmisión que conecta al sistema interconectado provincial. Para tener una idea de la expectativa de crecimiento de esta zona, se puede tomar como referencia el aumento en la capacidad hotelera citado más arriba, la que se incrementará de los 1.200 actuales a más de 3.000 turistas. El mayor crecimiento tendrá lugar en Caviahue, aunque en Copahue también existen proyectos. Incluso se estima el aumento en la demanda de energía, para

los medios para los esquiadores en el cerro Copahue.

El incremento de la demanda de energía, se verá afectado también por el incremento en la demanda de calefacción, ya que esta es una zona con temperaturas muy bajas durante varios meses en la temporada invernal. A pesar de que la Provincia del Neuquén posee buenos recursos de gas natural, los yacimientos del mismo están lejos de Copahue, y no hay gasoducto que conecte a esta zona. Actualmente, para calefacción se están utilizando principalmente electricidad, gas líquido de petróleo (GLP) o diesel, cuyos costos resultan elevados.

A los fines de resolver la cuestión del incremento de la demanda de energía, se dispone de varios proyectos con distintos grados de avance; uno de ellos es la puesta en servicio nuevamente, de la central piloto de 0,67 MWe del pozo COP-1. Dichos trabajos están en proceso. Otro de los proyectos es poner en servicio la segunda fase del sistema de calefacción de la villa de Copahue; que consiste en la utilización del vapor geotérmico, para la calefacción de edificios. Estos dos proyectos mencionados hasta aquí, tienen la ventaja de utilizar instalaciones, que en su mayoría ya están construidas y disponibles.



Figura 6: Pozo COP-4: proceso medición (volcán Copahue)

Existen otros dos proyectos en evaluación, para incrementar la oferta de energía; uno de ellos es una nueva central geotermoeléctrica del orden de los 5-7 MWe, y el otro es un sistema de calefacción de edificios en la localidad de Caviahue. La disponibilidad de vapor en superficie, en este momento, es de alrededor de 70 t/h; esto es descontando al pozo COP-3, sobre el cual se procedió a su abandono definitivo, debido a razones operativas y ambientales. Si la demanda continuara en crecimiento, los recursos probados por el Estudio de Factibilidad Técnico Económico serían suficientes par alimentar una planta de 30 MWe de capacidad (JICA-EPEN, 1992).



Discusión:

El proyecto de exploración y desarrollo del campo geotérmico de Copahue, tiene más de treinta años, y los resultados obtenidos han sido satisfactorios. Los estudios han identificado un reservorio que contiene vapor sobrecalentado, con temperaturas por encima de 240 °C y presiones de alrededor de 4.0 MPa. Las reservas probadas a través de estos estudios podrían alimentar una central de 30 MWe. Algunos resultados de estos estudios sugieren que el reservorio se podría extender a mayor profundidad y sobre un área más extensa que la conocida hasta el presente. Asimismo, los parámetros de los recursos a mayor profundidad, serían más altos.

A partir del crecimiento de la población, y de las instalaciones turísticas, la demanda de energía está aumentando y se incrementará aún más en el futuro cercano, en Caviahue y Copahue. Este incremento en la demanda podría ser satisfecho por los recursos geotérmicos.

La primera fase podría ser la generación de electricidad en la central de 0,67 MWe, para satisfacer una parte de la actual demanda de energía; la segunda fase podría consistir en una planta de 5-7 MWe, para una futura proyección de crecimiento razonable, seguido de una planta de mayor escala (por ej. 30 MWe) para un proyecto de exportación de energía.

Con respecto a la provisión de calefacción, esto podría estar dado por la operación del sistema de calefacción de Copahue en primer lugar; y por la instalación de un sistema de calefacción en la villa Caviahue.

Conclusiones:

La existencia de un campo geotérmico con interesantes características, en una región con un importante proyecto de desarrollo turístico, podría mejorar la factibilidad económica de los proyectos turísticos, con las consecuentes ventajas de desarrollo económico para esa región.

Las otras opciones no geotérmicas, para cubrir las demandas de energía serían; efectuar importantes inversiones en el sistema de transporte eléctrico, con una línea que remplace o refuerce la actual línea; y las opciones para la calefacción serían el gas líquido de petróleo (GLP), el diesel o electricidad, que son las usadas actualmente con un alto costo; o la construcción de un gasoducto a partir de uno troncal.

Uno de los beneficios de la utilización del recurso geotérmico para la generación eléctrica y para

calefacción, es la confiabilidad de esta fuente de energía, a partir de que la generación tiene lugar en el mismo sitio donde está ubicada la fuente. A pesar de que las formas de utilización, en un principio podrían estar restringidas a la generación eléctrica o a la calefacción; según vaya evolucionando el proyecto, los recursos remanentes podrían ser utilizados para balneoterapia, piletas de natación, invernaderos, y otros. Debe notarse que dichas actividades ya existen en la región o están planeadas.

Otro de los beneficios derivados de un proyecto geotérmico en Copahue, es que el mismo podría ser desarrollado en un tiempo razonable, con un incremento de las inversiones dependiendo de los aumentos de las demandas de energía.

Por último, pero no la menor; este proyecto significa el uso de un recurso de energía renovable en el mismo sitio en que se produce, sin tener que importar combustibles fósiles, con los consecuentes beneficios ambientales.

Agradecimientos:

El autor agradece al EPEN (Ente Provincial de Energía del Neuquén) el acceso a los datos. También agradece a la Dra. Graciela R. Mas (Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina) y a la Sra. O. Norma Gartner por la lectura del manuscrito y los valiosos comentarios. También se agradece a la Ing. Graciela E. Pedro (EPEN) por sus sugerencias y al Ing. Alex Berwyn (ENSI, Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería) por proveer algunos datos del pozo COP-4 y del sistema de calefacción.

Bibliografía:

Berwyn, A.: Proyecto de calefacción de calles de Copahue. Workshop: Productive Uses of Thermal Waters, Arica, Chile. Org.: NRECA (National Rural Electric Cooperative Association). Ausp.: Dept of Energy USA. 21-22 July. (1998)

JICA-EPEN: Feasibility study on the Northern Neuquén Geothermal Development Project". Unpublished Final Report, Ente Provincial de Energía del Neuquén, Japan International Cooperation Agency (1992).

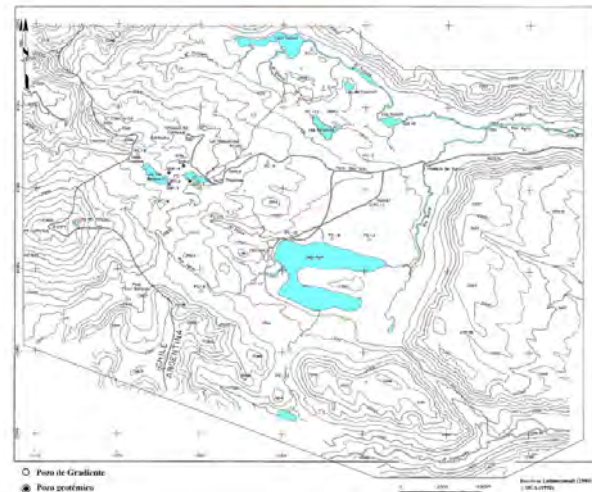
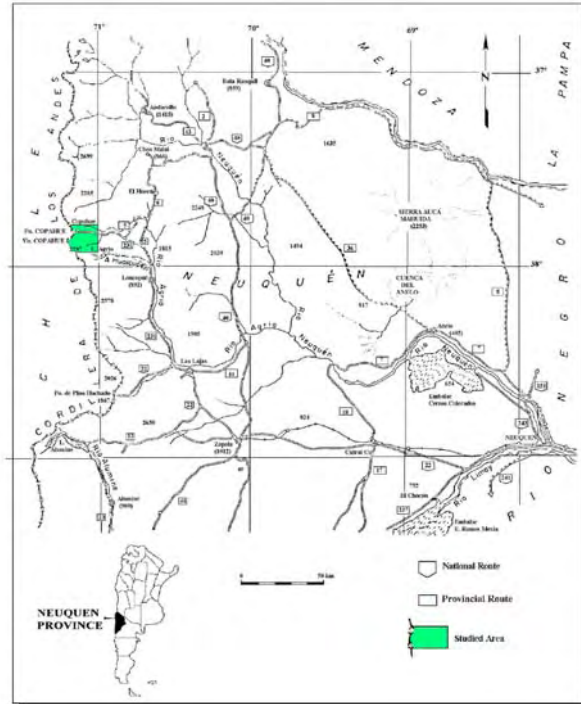
LATINOCONSULT and ELC-Electro-consult: Geothermal feasibility study of Copahue. Final Report, Secretaría de Estado del COPADE, Provincia del Neuquen (1981).

Linares, E., Oстера, H.A., Mas, L.C.: Cronología Potasio-Argón del complejo efusivo Copahue-Caviahue, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. 54, N° 3; pp. 240-247. (1999). Mas, L.C.: El campo geotérmico de Copahue: los minerales de alteración y las inclusiones fluidas como indicadores de los parámetros físico-químicos del sistema. Tesis Doctoral, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (1993).

Mas, G.R., Mas, L.C., & Bengochea, L.: Inclusiones fluidas en el pozo exploratorio COP-3, campo geotérmico de Copahue, Provincia del Neuquén, Argentina. *12th Geological Congress of Argentina*, pp. 92-98 (1993).

Mas, G.R., Mas, L.C., & Bengochea, L.: Zeolite zoning in drillholes of the Copahue geothermal field, Neuquén, Argentina. *Proceedings of the World Geothermal Congress*, pp. 1077-1081, Florence, Italy (1995).

Mas, L.C., Mas, G.R., & Bengochea, L.: Heat flow of Copahue





III CURSO INTERNACIONAL DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y MICRO HIDROENERGÍA.

En Cajamarca – Perú, en el marco del proyecto **Centro de Demostración y Capacitación en Tecnologías Apropriadas CEDECAP**, el mismo que viene siendo desarrollado por Soluciones Prácticas –ITDG e ISF (Ingeniería sin Fronteras) de España; se llevó a cabo el **III CURSO INTERNACIONAL DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y MICRO HIDROENERGÍA**.

El evento, que es parte de la estrategia institucional del CEDECAP, en tanto éste se constituye en un esfuerzo más por promover las energías renovables a partir del desarrollo de capacidades en diferentes niveles y contextos sociales, se llevó a cabo desde el 1 al 15 de agosto del 2006.

El objetivo del evento fue la de transferir a los participantes conocimientos para identificar, evaluar, diseñar, implementar y gestionar sistemas energéticos de Micro Hidroenergía y Fotovoltaicos. Se ha buscado confluir los conocimientos prácticos con los teóricos a fin de lograr el desarrollo de capacidades en forma integral. Para tales fines el curso fue organizado en dos módulos, el módulo I de Microhidroenergía y el módulo II de sistemas fotovoltaicos.

De acuerdo a lo acontecido durante el desarrollo del curso y a las evaluaciones y apreciaciones realizadas por cada participante, se puede concluir que la actitud de aceptación respecto al curso ha sido favorable. La metodología empleada ha permitido a los participantes incrementar y afianzar sus conocimientos e intercambiar criterios y experiencias entre ellos y con los instructores.

Asimismo y con la idea de ir consolidando las relaciones interinstitucionales del CEDECAP a nivel de Latinoamérica y el mundo, el evento ha servido para que 28 personas, entre estudiantes,



técnicos, profesionales, especialistas, fabricantes y decisores de políticas, de 11 países, de América Latina y Europa, compartan conocimientos y se fortalezca la Red Latinoamericana de Hidroenergía – HIDRORED. Por ello es que el evento también permitió la reunión del comité directivo de **HIDRORED**, la misma que entre otros acuerdos importantes decidió establecer como sede real y formal de la red al Centro de Capacitación en Tecnologías Apropriadas – CEDECAP.

Esta decisión marca un hito por cuanto el reto de ir fortaleciendo la red, ha través de eventos de capacitación e intercambio como el evento internacional y los Encuentros Latinoamericanos de Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos - ELPAH, se constituyen en algunos medios importantes para la promoción de las energías renovables, como propuesta para el desarrollo sostenible.

Por ello, es que dentro de las actividades del CEDECAP para los próximos años, esta previsto la realización de cursos internacionales, en temas como hidroenergía, solar y eólica. Esperamos así seguir aportando al desarrollo de conocimientos y constituirnos como un centro de referencia en el tema de la capacitación en América Latina.



México

Banco Mundial aprueba US\$25 millones para desarrollo de energía renovable Press Release No:2006/509/LAC

WASHINGTON, 29 de junio de 2006—El Directorio Ejecutivo del Banco Mundial aprobó una donación de US\$25 millones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) destinada a México con el fin de reducir las emisiones de gases de invernadero por medio de la remoción de barreras para el desarrollo de mercados y tecnologías de fuentes de energía renovable. El Proyecto de desarrollo a gran escala de fuentes de energía renovable busca ayudar al país a generar primeras experiencias en aplicaciones comerciales de energía renovable en red. El proyecto cumplirá su objetivo a través del apoyo a la construcción de una “granja eólica” independiente con una producción aproximada de 101 MW, denominada *La Venta III*, la cual se basará en la planta demostrativa de 2 MW de la Comisión Federal de Electricidad (*La Venta I*) y *La Venta II* de 85 MW que es un proyecto del sector público bajo construcción. Específicamente, el proyecto apoyará tres componentes principales destinados a remover los obstáculos normativos, financieros y de costos de transacción que impiden este tipo de inversiones en energía renovable:

continúa en página 28...



Marco Legal y Crisis Energética Argentina: Las Fuentes Renovables de Energía un aporte a su solución.

Ing. Pedro Salvatori – Senador de la Nación

La situación energética Argentina se encuentra ya en un punto límite. El panorama que se presenta especialmente el sector de generación de electricidad, arroja incertidumbre sobre la posibilidad de poder sostener el actual ritmo de crecimiento económico de Argentina. Por su parte el Gobierno Nacional, quien es el responsable de garantizar el abastecimiento eléctrico del país, y a través de las medidas adoptadas mediante las recientes Resoluciones 1280 y 1281 de la Secretaría de Energía, al transferirle a las industrias el problema de como conseguir su propia energía por encima de lo consumido en el 2005, no hacen mas que confirmar lo que públicamente se niega: **la crisis existe y nos está golpeando a la puerta.**

Para hacer una primera aproximación al problema, a fines del 2001 existía en el sector eléctrico una reserva de capacidad del orden del 40%. Desde entonces hasta ahora la demanda aumentó muy por encima de lo esperado por dos razones: **i)** Los altos niveles de crecimiento de la economía Argentina y **ii)** El congelamiento y consiguiente atraso tarifario impuesto por el gobierno que elevó artificialmente los niveles de consumo y quitó atractivo a la inversión en la actividad. Como consecuencia de ello, desde el 2000 no se registra la entrada en servicio de ninguna central de generación en el MEM. Esto llevó que en agosto (CAMMESA), la demanda alcanzara los 17.300 MW marcando un nuevo record histórico, mientras que la capacidad instalada sigue siendo de 18.000 MW, lo que marca cuan cerca se estuvo de un colapso del sistema. La gran hidraulicidad actual de los ríos del Comahue hace que las represas allí instaladas trabajen a pleno y aleje las amenazas de cortes. A esto se ha sumado la falta de gas para alimentar las centrales térmicas instaladas, a lo que el gobierno respondió importando fuel oil de Venezuela a un precio de 8 dólares el millón de BTU, muy por encima de los 1,5 dólares que se les reconoce a los productores locales. Además se autorizó la importación de gas de Bolivia a 5 dólares el millón de BTU, todo ello sustentado en subsidios al precio de la energía, que este año significarán mas de US\$ 800 millones que saldrán del presupuesto nacional y no de quienes consumen la energía.

En materia de gas y petróleo, cuya participación en nuestra matriz energética es de casi un 90%, el escenario es también por demás preocupante. La producción de petróleo continua en descenso. Como dato en los primeros 6 meses del año su valor cayó 3,8%, mientras que durante todo el 2005 fue 6%. En el tema combustibles, el panorama es mas grave aún ya que, desde hace varios meses, estamos asistiendo a un grave problema de desabastecimiento de gas oil en diferentes regiones del país, complicando la cosecha del agro. La inversión en exploración de hidrocarburos se ha visto también afectada por la política de precios, ya que mas allá de la mencionada caída de la producción petrolera no se han registrado descubrimientos importantes en los últimos años y la relación reservas/producción ha descendido a niveles críticos que oscilan entre los 9 años para el gas y 11 para el petróleo.

Opiniones de expertos y estudios realizados por diferentes Institutos especializados, representativos de un amplio arco de pensamiento, confirman que de seguir con este “modelo” energético, hacia el año 2010 volveremos a importar petróleo, con el consiguiente aumento de nuestra vulnerabilidad energética.

Existe marcado consenso entre todos ellos en la necesidad de elaborar con urgencia un **Plan Energético Nacional que promueva la diversificación de nuestra matriz**, defina objetivos de largo plazo en la materia y asegure la sustentabilidad de un programa de inversiones que garantice el abastecimiento energético para los próximos 20 años, la integración regional y **permita poner en valor el enorme potencial de las fuentes renovables de energía con que cuenta la Argentina.**

Con el solo anuncio de construcción de las dos centrales de ciclo combinado de Rosario y Campana y las obras del plan nuclear, cuyos plazos de terminación me permito poner muy en duda, solo estaremos recuperando los niveles de capacidad perdidos para sostener el crecimiento de la demanda. Argentina, de seguir creciendo su PBI a no mas de 4.5% anual requerirá, reduciendo en un 10% la participación del gas, de inversiones anuales del orden de los US\$ 2500 millones, para lo cual se necesita recrear las condiciones que aseguren estabilidad en las reglas del juego y seguridad jurídica para los inversores. Para reducir el impacto de los altos precios internacionales de los hidrocarburos, es preciso seguir el ejemplo de países que tomaron ventaja y dictaron regimenes para **favorecer el desarrollo de las fuentes renovables de energía.** Existe ya mas de 70 los países que lo han hecho, logrando el doble objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y diversificar su matriz energética. Ejemplos concretos lo constituyen España y Alemania que se han impuesto metas de cumplimiento obligatorio de participación de estas energías en el consumo de electricidad del orden del 12%. A nivel regional Brasil con el PROINFA, ya ha alcanzado en solo 3 años una capacidad instalada superior a los 3.000 MW de origen eólico, mini hidráulico y de aprovechamiento de la biomasa.

Argentina, pese a los compromisos internacionales asumidos en las cumbres medioambientales de Johannesburgo 2002, Brasilia 2003 y Bonn 2004, sigue teniendo en esto una fuerte asignatura pendiente. En el año 2005, luego de un sinnúmero de tropiezos parlamentarios, volví a presentar un proyecto de ley, que fuera dejado caer en el 2004, mediante el que se instituye un **régimen de inversiones para el uso de las fuentes renovables de energía destinado a la producción de energía eléctrica en todo el país.** Sus puntos salientes son: **i)** Se establece por ley una meta de participación de estas fuentes equivalente al 8% del total del consumo nacional a alcanzar en los próximos 10 años. Esto equivale a una producción de **10.000 GWh/año**, lo que equivale a la energía que generarían 3 represas como la de “El Chocón”. **ii)** Generar nuevas inversiones por mas de 3.000 millones de dólares. Mediante este régimen, que se complementa con el creado por la ley 25.019, se podrá poner en valor la potencialidad de recursos, especialmente en la Patagonia, como el eólico, solar, geotérmico, mareomotriz y la biomasa, hoy totalmente desaprovechados por falta de un marco legal adecuado, además de la generación de miles de nuevos puestos de trabajo, en su mayor parte altamente calificados y de **energía limpia y no contaminante.** El régimen prevé, además de importantes beneficios fiscales, en su mayor parte mediante diferimiento de impuestos un incentivo a la producción actualizable de \$15 por MWh generado. No debemos dejar de lado que la utilización de fuentes renovables permitirá cerrar el círculo virtuoso para la producción del hidrógeno, el combustible del futuro de no contaminación, que revolucionará nuestra civilización y para cuyo desarrollo en nuestro país también he presentado un proyecto de ley que ha sido tenido en cuenta el la creación del Plan Nacional del Hidrógeno, recientemente aprobado por el Congreso Nacional.

MARCO LEGAL: REGIMEN DE FOMENTO NACIONAL PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA DESTINADA A LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

Artículo 1°.- **Objeto** - Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables.

Artículo 2°.- **Alcance** - Se establece como objetivo del presente régimen, alcanzar una contribución de las fuentes de energía renovables del OCHO POR CIENTO (8%) del consumo de energía eléctrica nacional hacia fines del año 2015.

Artículo 3°.- **Ámbito de aplicación** - La presente ley tiene por objeto favorecer la realización de nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, a partir del uso de fuentes renovables de energía en todo el territorio nacional, entendiéndose por tales la construcción de las obras civiles, electromecánicas y de montaje, la fabricación y/o importación de

componentes para su integración a equipos fabricados localmente y la explotación comercial.

Artículo 4°.- **Definiciones** - A efectos de la presente norma se aplicarán las siguientes definiciones:

- a) **Fuentes de Energía Renovables:** son las fuentes de energía renovables no fósiles: energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica - hasta QUINCE (15) MW de potencia instalada -, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.
- Biomasa:** es la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la actividad agropecuaria (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.
- b) **Energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables:** es la electricidad generada por centrales que utilicen exclusivamente fuentes de energía renovables, así como la parte de energía generada a partir de dichas fuentes en centrales híbridas que también utilicen fuentes de energía convencionales.

Artículo 5°.- **Políticas** - El Poder Ejecutivo Nacional, a través de la Secretaría de Energía, instrumentará, entre otras, las siguientes políticas públicas destinadas a promover la inversión en el campo de las energías renovables:

- a) Elaborar, en coordinación con las jurisdicciones provinciales, un Programa Federal para el Desarrollo de las Energías Renovables el que tendrá en consideración todos los aspectos tecnológicos, productivos, económicos y financieros necesarios para la administración y el cumplimiento de las metas de participación futura en el mercado de dichos energéticos.
- b) Coordinar con las universidades e institutos de investigación el desarrollo de tecnologías aplicables al aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, en el marco de lo dispuesto por la Ley N° 25.467 de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- c) Identificar y canalizar apoyos con destino a la investigación aplicada, el fortalecimiento del mercado y aplicaciones a nivel masivo de las energías renovables.
- d) Celebrar acuerdos de cooperación internacional con organismos e institutos especializados en la investigación y desarrollo de tecnologías aplicadas al uso de las energías renovables.
- e) Definir acciones de difusión a fin de lograr un mayor nivel de aceptación en la sociedad sobre los beneficios de una mayor utilización de las energías renovables en la matriz energética nacional.
- f) Promover la capacitación y formación de recursos humanos en todos los campos de aplicación de las energías renovables.

Artículo 6°.- **Autoridad de Aplicación** - La Secretaría de Energía de la Nación será la autoridad de aplicación de la presente ley.

Artículo 7°.- **Régimen de Inversiones** - Institúyase, por un periodo de 10 años, un Régimen de Inversiones para la construcción de obras destinadas a la producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables, que regirá con los alcances y limitaciones establecidas en la presente ley.

Artículo 8°.- **Beneficiarios** - Serán beneficiarios del régimen instituido por el artículo 7°, las personas físicas y/o jurídicas que sean titulares de inversiones y/o concesionarios de obras de producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables, aprobados por la Autoridad de Aplicación y comprendidas dentro del alcance fijado en el artículo 2°, con radicación en el territorio nacional, cuya producción esté destinada al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y/o la prestación de servicios públicos.

Artículo 9°.- **Beneficios** - Los beneficiarios comprendidos dentro del alcance fijado en el artículo anterior, recibirán los siguientes beneficios:

I) Impuesto a las ganancias:

1. Diferimiento a los inversionistas del pago de las sumas en concepto del impuesto a las ganancias de hasta el CIENTO POR CIENTO (100%) del aporte directo del capital. Los montos diferidos se cancelarán en CINCO (5) cuotas anuales y consecutivas, a partir del tercer año posterior a la puesta en marcha industrial de la obra.

Las respectivas inversiones deberán mantenerse en el patrimonio de sus titulares por un lapso no inferior a los DIEZ (10) años, contados a partir del día 1° de enero del año siguiente al de la efectiva inversión. De no mantenerse en el patrimonio la inversión efectuada corresponderá ingresar el monto del impuesto no abonado, con más los intereses resarcitorios, de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 11.683 de Procedimientos Tributarios.

2. Los beneficiarios podrán realizar la amortización acelerada de las inversiones en bienes de capital destinadas a las obras enumeradas en el artículo 3°.

La autoridad de aplicación determinará, de acuerdo a las características de cada proyecto, el período durante el cual se aplicará este beneficio.

II) Impuesto a la ganancia mínima presunta:

Los bienes pertenecientes a los beneficiarios del presente régimen, que se hallen comprendidos dentro del ámbito de aplicación de la presente ley, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la ley N° 25.063, o el que en el futuro lo complementa, modifique o sustituya, a partir de la fecha de aprobación del proyecto y hasta la puesta en marcha del respectivo emprendimiento.

III) Impuesto al valor agregado:

Los beneficiarios podrán solicitar la devolución del impuesto al valor agregado que demande la compra de bienes de capital destinados a las obras enumeradas en el artículo 3°, hasta el momento de su puesta en marcha comercial.

IV) Derechos de importación:

Los beneficiarios del presente régimen y/o sus contratistas, que requieran de suministros importados se regirán por los acuerdos del MERCOSUR respecto de aranceles y su convergencia al AEC (Arancel Externo Común), coherente con el objeto de consolidación, de la Unión Aduanera. Para los bienes adquiridos en terceros países fuera del MERCOSUR, estarán exentos del pago de derechos de importación para los siguientes suministros:

a) materias primas y otros componentes requeridos para su integración a los equipos fabricados localmente.

b) bienes no producidos en el país a integrar en el emprendimiento.

Artículo 10°.- **Estabilidad Fiscal** - Toda actividad de producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables, que se vuelque en el mercado eléctrico mayorista (MEM) y/o esté destinada a la prestación de servicios públicos, gozará de estabilidad fiscal por el término de QUINCE (15) años, contados a partir de la promulgación de la presente ley.

La estabilidad fiscal significa que los beneficiarios del presente régimen no podrán ver afectada en más la carga tributaria total base para la ejecución del proyecto, ratificada por declaración jurada ante la autoridad de aplicación, como consecuencia de aumentos en las alícuotas de los impuestos, tasas y contribuciones, o de otras cargas impositivas, cualquiera fuera su denominación, en los ámbitos nacional y provinciales que adhieran a la presente ley, así como resultantes de la creación de nuevos tributos nacionales, y provinciales, en los casos en que las respectivas jurisdicciones adhieran al presente y que los alcancen como sujetos de derecho de los mismos. Lo dispuesto en el presente artículo será también aplicable a los regímenes cambiario, arancelario y de los reintegros, retenciones y/o devolución de tributos. La autoridad de aplicación emitirá un certificado con las contribuciones tributarias y tasas aplicables a cada proyecto, vigentes al momento de la presentación, tanto en el orden nacional como provincial, en la medida que las jurisdicciones provinciales adhieran, que remitirá a las autoridades impositivas respectivas.

Artículo 11°.- **Sanciones** - El incumplimiento del emprendimiento dará lugar a la caída de los beneficios acordados por la presente y al reclamo de los tributos dejados de abonar, más sus intereses y actualizaciones.

Artículo 12°.- **Integración nacional** - Se dará especial prioridad, en el marco del presente régimen, a todos aquellos emprendimientos que favorezcan, cualitativa y cuantitativamente, la creación de empleo y que propongan una integración, con bienes de capital de origen nacional. Dicha integración será del CIENTO POR CIENTO (100%) de la inversión para los emprendimientos hidroeléctricos definidos en el Artículo 4° inc a) de la presente y no inferior al CUARENTA POR CIENTO (40%) de la inversión para las demás fuentes. El Poder Ejecutivo Nacional podrá incrementar esta participación, en defensa de la producción nacional, cuando exista, probadamente, oferta tecnológica competitiva a nivel local.

Artículo 13°.- **Complementariedad** - El presente régimen es complementario del establecido por la Ley N° 25.019 y sus normas reglamentarias, siendo extensivos a todas las demás fuentes definidas en la presente ley los beneficios previstos en los artículos 4° y 5° de dicha ley.

Artículo 14°.- **Valor de la remuneración a la producción** - La Secretaría de Energía de la Nación, en virtud de lo dispuesto en el artículo 70 de la Ley N° 24.065, podrá incrementar o disminuir el gravamen fijado por el mismo, de modo que la remuneración fijada por el artículo 5° de la Ley N° 25.019 sea equivalente, en todo momento, al TREINTA POR CIENTO (30%) del valor del KILOWATT HORA (Kwh) que se fije en el sistema nacional para el precio estacional de la energía.

Artículo 15°.- Despacho de energía- La Secretaría de Energía de la Nación dictará las normas necesarias para que toda energía y potencia de origen renovable sea despachada con el mismo tratamiento que las centrales de pasada.

Artículo 16°.- **Invitación** - Invítase a las Provincias y a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a adherir a la presente ley y a dictar, en sus respectivas jurisdicciones, su propia legislación destinada a promover la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables.

Artículo 17°.- **Plazo para la reglamentación** - El Poder Ejecutivo Nacional, dentro de los CIENTO OCHENTA (180) días de sancionada la presente ley, deberá proceder a dictar su reglamentación y elaborará y pondrá en marcha el programa de desarrollo de las energías renovables, dentro de los SESENTA (60) días subsiguientes.

Artículo 18°.- Comuníquese al Poder Ejecutivo.

...viene de página 25

- Un **mecanismo financiero** para estimular el aprendizaje organizacional y la reducción de costos por un monto de US\$20,4 millones en incentivos para la producción energética sobre la base de asistencia a la producción (1,1 centavos de dólar por kilowatt-hora durante los primeros cinco años de generación);
- Actividades de **asistencia técnica** evaluadas en US\$3,9 millones para abordar las restricciones analíticas y de políticas y proveer asistencia para el desarrollo comercial a fin de estimular y facilitar la inversión de proyectos en productores de energía independientes y mercados autoabastecidos de energía renovable; y
- Apoyo en la **gestión de proyectos** por un monto de US\$0,7 millones para asistir al Ministerio de Energía a coordinarse con el Banco de Desarrollo del Estado de México, NAFINSA, en la gestión de los dos componentes anteriores, y para llevar a cabo tareas de supervisión, seguimiento, evaluación y evacuación de informes.

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) es un mecanismo que busca entregar fondos nuevos y adicionales en condiciones concesionales y en forma de donaciones para cumplir con los costos incrementales de las medidas acordadas para lograr mejoras ambientales mundiales convenidas en las siguientes cuatro áreas: cambio climático, diversidad biológica, aguas internacionales, contaminantes orgánicos persistentes, degradación de tierras y agotamiento de la capa de ozono. El FMAM también respalda la labor a realizar bajo los acuerdos mundiales para combatir la desertificación.

El Grupo del Banco Mundial es uno de los organismos ejecutores del FMAM y presta apoyo a los países en la preparación de los proyectos cofinanciados por el Fondo, además de supervisar su ejecución. El Banco Mundial ocupa el lugar principal en asegurar que los proyectos de inversión se lleven a cabo y se manejen adecuadamente. El Banco Mundial se basa en su experiencia en temas de inversión en los países que cumplen con las condiciones para promover oportunidades de inversión que coincidan con los objetivos del FMAM y con las estrategias nacionales de desarrollo sostenible, así como movilizar recursos bilaterales, multilaterales, del sector privado y otros recursos gubernamentales y no gubernamentales necesarios. <http://www.thegef.org/Spanish/spanish.html>.

EVENTOS

I CURSO INTERNACIONAL SOBRE MICRO APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

Neuquen - Patagonia Argentina - del 27 de Agosto al 07 de Septiembre del 2007.

Temas:

Potencial Energético y determinación de parámetros, Análisis de Demanda, Obras Civiles, Selección de Equipamientos, Turbinas Banki, Bombas como Turbinas, Regulación, Ensayo de Turbinas; Línea Eléctrica, Evaluación Económica. Visitas Técnicas.

Lugar: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Laboratorio de Maquinas Hidráulicas (LA.M.HI.)

Calle Buenos Aires 1400-(8300) NEUQUEN

Contacto:

Orlando A. AUDISIO oaudisio@uncoma.edu.ar

Ariel R. MARCHEGANI marchegi@uncoma.edu.ar

TE: 00-54-299-44-90300 Int.404-FAX: 00-54-299-44-22836



XII ELPAH - (Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos)

Se desarrollará a partir del día 16 de Julio del 2007 hasta el día 19 de Julio del 2007.

Los dos primeros días se desarrollarán los cursos Junior y los restantes se desarrollarán las Conferencias.

Tenarica:

1. TECNOLOGIA Y DESARROLLO
2. ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS P.A.H.
3. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL
4. GENERACION Y MEDIO AMBIENTE
5. ASPECTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS
6. ENERGIAS ALTERNATIVAS

El Evento Central tendrá lugar en La Ciudad de Quito - Republica de Ecuador

Contacto:

Sra. V. Romero O.-Coord.Evento,email: capacitacion@fedeta.org

Ing. Mario Brito Flores-Org. Evento , email: energia@fedeta.org

Econ. G. Verdesoto B. Pres.FEDETA presidencia@fedeta.org

Organiza:

Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiaada - FEDETA

Calle 12 de Octubre y Veintimilla

Edificio El Girón Torre E oficina 701/2

Casilla Postal: 17-03-233 - Quito - Ecuador

www.fedeta.org email: fedeta@uio.satnet.net

TE: 00-593-22526501/2234014/2526128

La Universidad Técnica de Energía Renovable de Cuba(UTER)
 Invita:
V Conferencia Internacional de Energías Renovables, Ahorro de Energía y Educación Energética (CIER2007)
 Del 22 al 25 Mayo del 2007.Organizada por centros universitarios perteneciente sala UTER Sesión en el Palacio de Convenciones de La Habana-Cuba.
 Dentro del marco de esta Conferencia se celebrará el Taller Internacional de Energía Eólica
 Temáticas
 I Educación Energética
 II. Eficiencia energética y gestión energética (EM)
 III.Ahorro de energía en el transporte(ES)
 IV.Generación y distribución de energía eléctrica (DE)V.Energía, ciencia, tecnología y sociedad(ET)
 VI.Educación energética (EE)
<http://www.cujae.edu.cu/eventos/cie>



ESTUDIO DE UNA ESTUFA SOLAR PORTATIL Y HÍBRIDA - I

Shyam S. Nandwani (*)
Laboratorio de Energía Solar
Departamento de Física
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
E mail: snandwan@una.ac.cr snandwan@yahoo.com

RESUMEN:

El autor ha diseñado, construido y ha estudiado previamente las cocinas/ hornos del diferentes tipos- del tipo de caja, híbrido solar- eléctrico (110VAC), solar eléctrico de micro ondas, cocina con calentador de agua, cocina con el secador de frutas/ verduras, procesador solar/ eléctrico de alimento etc. En este estudio el autor ha modificado comercial y portátil estufa eléctrica (12VCC) en Solar- eléctrica (12VCC). Se puede usar para cocinar usando energía solar, la energía eléctrica del panel fotovoltaico y batería 12VCC etc. La cocina se ha estudiado técnicamente- con las mediciones de la variación de la temperatura de horno con la intensidad solar, la capacidad de la batería, el voltaje de batería, la corriente y temperatura del ambiente. Se ha usado para calentar 1 lt. de agua y para cocinar 0.6-0.8 kg de alimentos. Se ha calculado también el rendimiento de las conversión solar- eléctrica- calórica.

ABSTRACT:

Author has previously designed, constructed and studied different hot box type cookers, hybrid solar-electric (110VAC) cooker, solar electric microwave oven, solar cooker cum water heater, solar cooker cum dryer, and hybrid solar/electric food processor. In the present study author has modified commercial 12VDC portable stove into Solar- electric (12VDC) cooker. It can be used for cooking using solar energy, electric energy from PV panels and 12VDC battery. The cooker has been studied technically- measuring the variation of oven temperature with solar intensity, capacity of the battery, battery voltage, current and ambient temperature. It has been used to heat 1l of water and to cook 0.6-0.8 kg of food. Also the efficiency of the solar- electric – heat conversion is calculated.

1. INTRODUCCION:

En estudios anteriores el autor ha estudiado un Horno Solar convencional [1] y otros modelos del hornos solares [2]. Estos modelos tienen ventajas de ser relativamente baratos pero tienen la limitación de no poder cocinar dentro de la casa o en la noche, cuando no hay suficiente radiación solar o donde no hay disponibilidad de energía eléctrica por sistema de red. Las cocinas solares con almacenamiento de calor son muy caras y no fueron aceptadas comercialmente.

Por otro lado, en Costa Rica y en varios países de América Latina, es muy común usar electricidad para calentar agua y cocinar los alimentos etc. En estos casos, la electricidad producida por una fuente convencional pasa por una resistencia eléctrica para ser convertida en energía calórica Aunque esta conversión - energía de alta calidad (electricidad) en energía de baja calidad (calórica),

no es recomendable, pero puede justificarse, en algunos casos, cuando las fuentes para generar energía eléctrica provienen de fuentes nacionales y gratuitas. En el caso particular de Costa Rica, cerca del 85% (época seca) al 90 % (época lluviosa) de la electricidad es generada por Agua, Viento y Geotermia. Por lo tanto, en los últimos años, hemos diseñado, construido e estudiado el Horno Híbrido – Solar/ Eléctrico [3, 4], usando Energía Solar y electricidad proveniente por fuentes convencionales (110VCA). Sin embargo existen lugares donde no hay electricidad de red eléctrica, por lo tanto había pensado estudiar modelos del tipo Híbrido, pero usando electricidad producido por paneles fotovoltaicos y energía solar. Este modelo fue estudiado por primera vez, por lo menos, en esta región y resultados preliminares fueron presentado en una reunión anual del

programa NUTESCA (Nueva Tecnología en Cocinas Solares)/CYTED [5]. Por suerte en algún lugar, el autor pudo ver y comprar una estufa portátil comercial del 12 VCC. El objetivo del fabricante pudo ser para que este artefacto podría calentar una pequeña cantidad de agua/ comida usando electricidad proveniente de la batería del carro, durante un viaje de recreación. Dicho modelo fue modificado para estudiar con batería externa, batería cargada con electricidad y también usando energía solar. En este estudio se informará los resultados de este dispositivos portátil usando diferentes fuentes (renovables) de energía.

2. DESCRIPCIÓN - HORNO ELECTRICO:

Foto 1 muestra esta estufa portátil comercial, en estado cerrado y abierto. Es un recipiente de aluminio, térmico y sellado. Tiene 23 cm X 5.5 X 13.5 cm (dimensiones interior) con una área del 0.013 m² y la capacidad total de 1644 cm³ o equivalente 1.6 l de agua.



Foto 1. Estufa Eléctrica Portátil de 12VDC, Cerrado y Abierto

Según el brochure del aparato, la estufa esta diseñada para funcionar con la batería del carro (12 VCC), a través del encendedor del cigarrillo y consume cerca de 7-8 Amp. durante la cocción y 14-16 Amp. para iniciarse. Es decir, la potencia es equivalente de 100 a 190 Watios. Una vez haya cocinado la comida, la estufa se puede cerrar para minimizar la pérdida de calor, así mantener la comida caliente.

La estufa tiene una salida para conectar el batería del carro a través de encendedor. Hemos cambiado cable de esta salida, para que pueda conectar directamente también a una batería externa y/o panel solar de 12V y hasta recibir la energía solar directamente.

3. EXPERIMENTO Y RESULTADOS:

Hemos estudiado la estufa con agua y alimentos usando diferentes baterías cargadas anteriormente. Los dibujos 2a y Foto 2b, muestran el circuito y los instrumentos usados para medir voltaje y corriente.

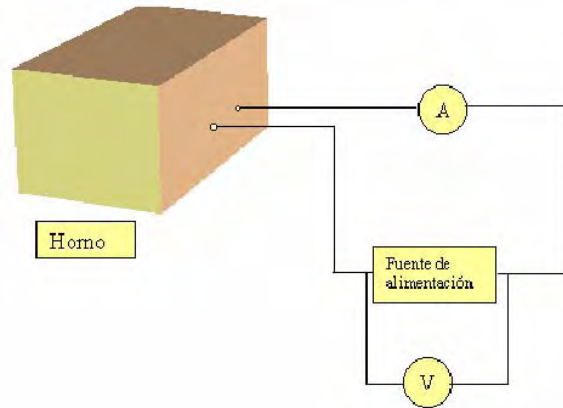


Fig. 2 a. Conexión para estudiar la Estufa Eléctrica (12VCC).

Foto 2b. Estufa Eléctrica con Batería e instrumentos usados para medir corriente, voltaje y temperatura, etc.

3.1. Baterías cargadas.

He estudiado el horno usando las baterías de 122, 90 y 75 Ah. Se usó 1 litro de agua. Se midió el voltaje y la corriente pasando a través de la estufa y la temperatura del agua. En mayorías del casos horno portátil estaba dentro del laboratorio. Informaré algunos resultados.

3.1.1. Batería de 122 Ah

3.1.1.1 19 de agosto del 2003.

La Figura 3a muestra la variación del temperatura de agua, voltaje y la corriente pasando en la estufa con el tiempo. Se puede observar que en este día la máxima temperatura de agua alcanzo hasta 90-93 °C, en menos de tres horas. El voltaje durante este período era entre 11.65V a 11.51 V y el flujo de corriente era de 6.4 a 6.7 Amp.

Energ. Eléc. suministrada, = $\int (V_i * I_i) * dt = 241.4 \text{ Wh}$

Energ. Cálórica Util = $M * C_p * \Delta T = 72 \text{ Kcal} = 83.7 \text{ Wh}$

Rend. de la conversión (Elec. à Calor), $\eta = 34.7 \%$.

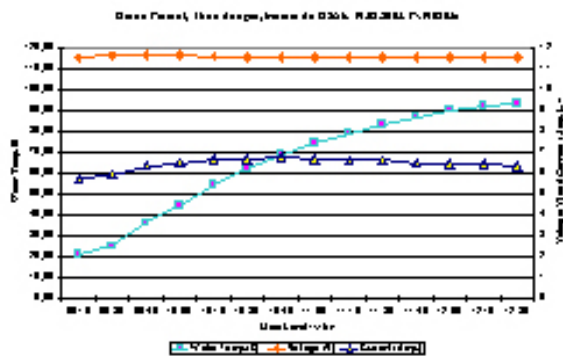


Fig. 3 a. Variación Temp..de 1 l de agua, voltaje y corriente medido el 19 Agosto 2003, usando batería de 122 Ah.

A las 12:30 había desconectado la batería y medimos la baja en la temperatura del agua con el tiempo. En dos horas la temperatura del agua bajó del 93 al 51 ÚC . La temperatura del ambiente en este período era entre 24 al 25 °C. Con el fin de conocer la máxima cantidad de agua que se puede calentar con una batería, la misma batería parcialmente descargada fue utilizada al día siguiente.

3.1.1.2. 20 de agosto del 2003.

Misma Batería de ayer (122 Ah), descargada parcialmente. Agua 1 litro. El experimento fue realizado partir del 8:45 am usando la misma batería de ayer. Los datos demuestran que en este día la máxima temperatura de agua alcanzó hasta 93 °C, en dos horas. El voltaje durante este período se había mantenido entre 11.18 a 11.14 V y la corriente era entre 6.2 a 6.62 Amp. A las 11:00 hr se desconectó la batería. La temperatura de ambiente en este periodo fue entre 25 al 27 °C. La misma batería parcialmente descargada será usada de nuevo.

3.1.1.3. 20 de agosto del 2003 (LA TARDE).

Misma batería de la mañana (122 Ah), descargada parcialmente. Cantidad de agua 1 l (de nuevo). El experimento fue realizado partir del 13:15 hr (2.25 hrs después de desconectar la batería). Los datos muestran que en este día la máxima temperatura que alcanzó el agua fue hasta 92 °C, en tres horas. El voltaje durante este período se había mantenido entre 11.33 al 10.91 V y la corriente era del 6.5 al 6.2 Amp.

A las 16:45 desconecte batería. Hasta ahora hemos calentado 3 litros de agua con la misma batería.

La misma batería parcialmente descargada será usada una vez más para mañana.

3.1.1.4. 21 de agosto del 2003:

Batería de ayer (122 Ah), descargada parcialmente. Agua a calentarse 1 litro. El experimento fue realizado partir de las 09:30 hr. La Figura 3b muestra la variación del temperatura de agua con el tiempo. Se puede observar que en este día la máxima temperatura de agua alcanzo solo hasta 53-54 °C, en 90 minutos. Temperatura de ambiente en este período era entre 23 a 25° C. La misma Figura

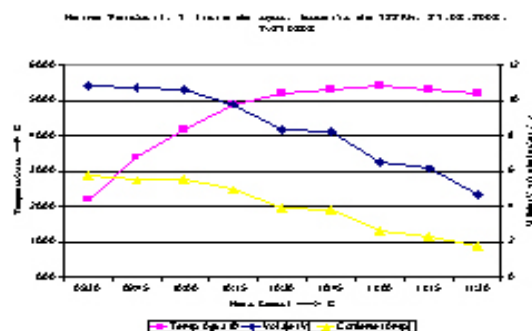


Fig. 3b. Variación Temp..de 1 l de agua, voltaje y corriente medido día 21 Agosto 2003, usando batería de 122 Ah, descargada parcialmente.

3b también muestra la variación del voltaje y la corriente con el tiempo. Se puede observar que el Voltaje durante este periodo había bajado de 10.9 a 4.7 V (durante la medición) y la corriente de 5.8 a 1.7 Amp.

Terminé este experimento. Total agua calentada 4 litros. Tres litros de 21 °C a 92-94 °C y un litro de 22 °C a 54 °C. Total de energía útil 246 kCal o 286 Wh.

Desconecte la batería (12 V, 122 Ah) y quise medir la voltaje final (estable y sin carga), luego hasta 11.54V dentro de 45 min.

En la forma explicada para el día Agosto 19, rendimiento de la conversión para este día será $\eta = 37.21/73.45 = 50.7\%$. No es recomendable usar más la batería sin cargar de nuevo.

3.1.2. BATERIA 90 Ah Sellada.

3.1.2.1. 18 de junio del 2004.

Batería es totalmente nueva comprada el día de ayer. Voltaje inicial de la batería, $V_{batI} = 12.45 V$. Hemos calentado 1 l de agua de las 09:30 a la 13:00 hr. Como se muestra en la Figura 4, durante este período la temperatura máxima de

agua alcanzó hasta 94.2 °C, el Voltaje de la batería estaba variando entre 12.2 a 11.88 V y la corriente entre 8.43- 8.61 Amp. A las 13 hr se desconecto la batería y a las 17:00 hr el voltaje estable de la batería era 12.15 V.

Rendimiento de la conversión (eléctrica- cálórica) para este día será $\zeta = 83.7/365.3 = 22.9 \%$. Como la batería todavía tiene fuerza se uso para calentar agua otro día.

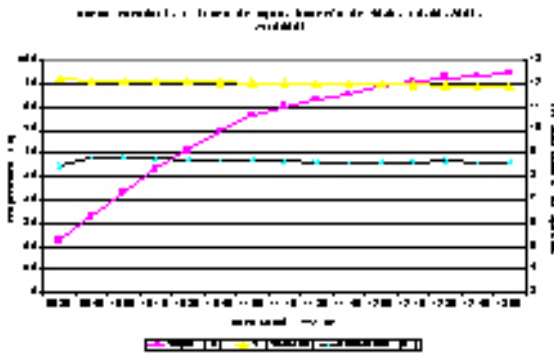


Fig. 4. Variación Temperatura del 1 litro de agua, voltaje y corriente medidas día 18 Junio 2004. Batería nueva de 90 Ah.

3.1.2.2. 19 de junio del 2004.

Voltaje inicial de la batería, $V_{bati} = 12.14 \text{ V}$ Hemos medido la temperatura del agua durante 09:15 al 13:30 hr. Durante este período de calentamiento, temperatura máxima de agua alcanzo hasta 87.5 °C, voltaje V, del batería era entre 11.98 - 11.43 V y corriente I era entre 7.88- 8.28 Amp.. A las 10 a.m. de otro día, voltaje de la batería era de 11.75 V. No quise calentar mas agua con esta batería. .

3.1.3. Batería 75 Ah, cargada.

3.1.3.1. 14 de junio del 2004.

La Batería es cargada. Voltaje inicial de la batería, $V_{bati} = 13.05 \text{ V}$. Hemos calentado 1 l de agua del 13:15 al 17:00 hr. Los datos de temperatura, voltaje y la corriente están mostrados en la Figura 5. Durante este periodo la temperatura máxima del agua alcanzó hasta 88 ° C. El Voltaje de la batería estaba variando entre 12.02 al 10.47 V y la corriente entre 9.04 – 7.78 Amp. Después desconectamos la batería y a las 6 pm el Voltaje estable de la batería era 11.91V.

Rendimiento de la conversión para este día será $\zeta = 73.95/ 338.9 = 22\%$. Quise usar la misma batería para calentar agua otro día.

3.1.3.2. 15 de junio del 2004. Descargada parcialmente.

Voltaje inicial de la batería, $V_{bati} = 11.96 \text{ V}$. Hemos medido la temperatura de agua durante el calentamiento (10:00 al 12:30 hr) y el enfriamiento (12:30-17:00). Durante el período de calentamiento el voltaje V de la batería era entre 11.13- 6.20 V y la corriente I era entre 7.68- 4.75 Amp. Temperatura máxima del agua era de 87.5 °C. A las 17:00 hr, Voltaje de la batería era 11.60 V.

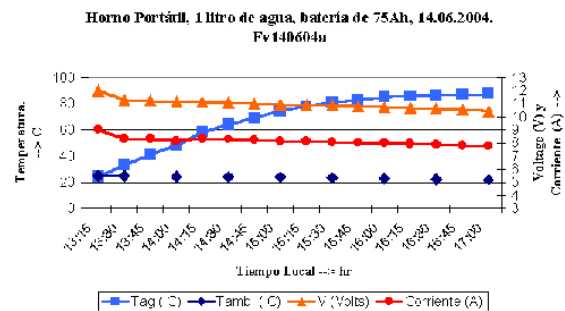


Fig. 5. Variación Temperatura del 1 litro de agua, voltaje y corriente medidas día 14 Junio de 2004. Batería nueva de 75 Ah.

3.2. Batería cargada + cargando continuamente:

Batería usada era Exide Gel 75 Ah, Carga: 1l de Agua. Simulando como caso real en el lugar del uso.

Calenté agua con la batería cargada y el mismo tiempo la batería estaba cargando con un cargador eléctrico (2 Amp.). Aunque perfectamente podría usar paneles solares en lugares no conectados (o conectadas) a la red eléctrica. El experimento fue realizado de las 10:00 a las 12:00 hr. Como siempre, había medido la temperatura del agua, el voltaje de la batería y la corriente. La temperatura máxima de agua alcanzó a 93 °C y Voltaje estaba variando entre 11.1 a 9.8V, y la corriente era bastante estable entre 8.9 a 9.8 Amp.

Si comparamos estos datos con de 8 de Junio del 2004, donde misma batería (75Ah y voltaje inicial 12.52V) no estaba cargando, la temperatura de 1 lt de agua alcanzo solo hasta 76° C.

3.3. Energía solar + batería:

Hasta ahora hemos usado el horno eléctrico comprado. Posteriormente pensamos usar también energía solar. Por lo tanto tuvimos que modificar el horno, usando dos vidrios (cada uno de 3 mm, separado por una distancia del 1

cm) y un reflector como esta mostrado en la Foto 6. Aunque hemos estudiado usando solo energía solar y también energía solar combinado con batería cargada (modo híbrido). Solo informare algunos resultados en este segundo modo.

28 de julio del 2004- pensamos cocinar los alimentos. A las 09:45 hr abrí el horno y puse 700 g de agua para calentar usando rayos solares. A las 10:30 hr agregue 232 g de lentejas en agua caliente (40° C) dentro del horno. El clima empezó nublarse. A las 11:30 a.m., la temperatura del alimentos alcanzo solo 48.6 °C. Por lo tanto se conecto batería (90 Ah, 12.11 V) ya cargada previamente con panel solar. En otra palabra el horno esta recibiendo energía solar y energía eléctrica, ambos fuentes gratuitos. Debido a que sistema no tiene termostato, por lo tanto batería era conectada y desconectada para mantener temperatura dentro del horno en orden del 90 - 92° C. Durante este periodo el voltaje estaba variando entre 11.76- 11.56 V y corriente entre 9.83-9.4 Amp. A las 13:00 el cierre el experimento, lentejas (total 920 g) eran cocinados- total tiempo 3 hr 15 min, pero usando electricidad solo durante 1 hr (cerca de 120 Wh). Intensidad solar integrado durante este periodo fue de 1970 Wh/m² (o 25-30 Wh sobre el horno). Voltaje del batería bajo de 12.11 al 11.66 V. Hemos mostrado que se puede cocinar, aunque lentamente, hasta un día nublado usando únicamente energía solar.



Fig. 6. Cocción del lentejas usando energía solar y batería simultáneamente. Batería esta abajo de la mesa. **4. 4.**

4. COCCION SOLO CON BATERIA:

4.1 Lentejas verdes enteros. (19.09.2003).

Masa solo de lentejas 261 g, Masa del agua (1:2) 545 g.

Masa Total, lentejas mas agua = 806 g.

Después de lavar el frijol verde, dejé remojar durante una hora (en el mismo recipiente de la Estufa Portátil). A las 2:30 p.m. conecté la batería, el multímetro, el termómetro dentro del agua / lentejas. No agregue condimentos ni aceite etc. Objetivo era hacer una receta/ ensalada, Indú. La Figura 7a muestra la temperatura dentro de las lentejas y el voltaje de la batería/ estufa con el tiempo. En dos horas y media la temperatura alcanzo más de 83 °C. La temperatura ambiente era entre 22-23 °C.

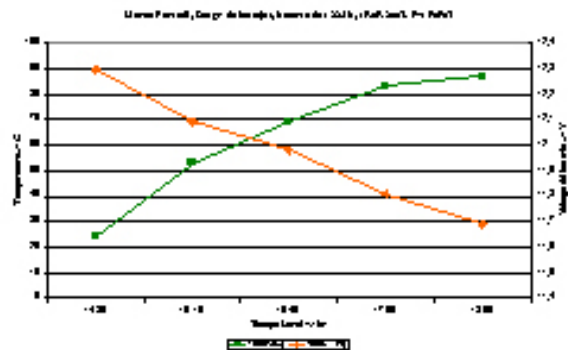


Fig. 7 a. Variación Temp. de 800 g lentejas. Voltaje de batería 122 Ah, (19 Set. 2003). Batería cargando simultáneamente.

Termine experimento- desconecte batería. Frijoles estaban cocinados. Una vez que se enfrió, agregué, cebolla, culantro, tomate, limón, condimentos. Listo para disfrutar (Foto 7b).



Foto 7b. Cocción Lentejas Verdes (durante y después), con Estufa eléctrica (12VDC) y batería.

4.2. Papa y Chile Dulce 500 g sin agua. (25.09.2003).

Con la batería (122 Ah) cargada de nuevo.

Foto 7c. Cocino bien en 135 minutos.

4.3. Papa con Coliflor sin agua, 500 g . (3.10.2003)

Con la batería (120 Ah) cargada de nuevo. Cocino bien en 150 minutos (Foto 7d).



Fotos 7c y 7d. Cocción de Papas con Chile dulce (Izquierda) y Papas con Coliflor (derecha). Batería cargada con Energía Solar.

5. CARGAR BATERIA:

Para tener una idea del tiempo necesario para cargar una batería he intentado con uno y dos paneles solares de la India, supuestamente 64Wp.

5.1. Un panel solar:

5.1.1. Bateria del 120 Ah. 26/Sept/2003.

He medido la Intensidad solar sobre superficie del panel y voltaje de la batería. Día era bastante soleado hasta 11:30 am. Durante este período, el panel estaba generando entre 18.3-18.6 V. También he medido el voltaje de la batería, cada 30 minutos. Voltaje de la batería aumento de 12.34 V al 12.88 V en lapso de 2 horas.

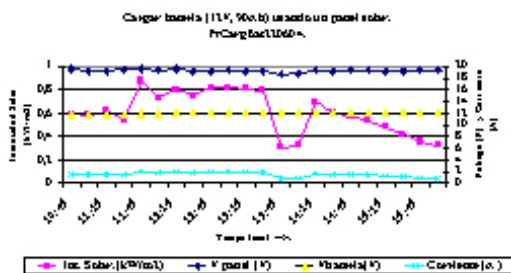
5.1.2. Batería 90Ah. 22 de junio del 2004.

Panel solar limpio y puesto 20 grados hacia al Sur. He medido Intensidad solar instantánea (H_{ins}). Integrada (H_{int}), Voltaje de Panel y batería (V_{bat}) y Corriente I.

Voltaje Inicial: 11.76 V,
 Periodo de cargar: 10:45 al 16:00 hr. Los resultados están mostrados en la Figura 8a.
 V_{panel} : 18.8- 19.6 V, V_{bat} .: 11.82- 12.07 V,
 I = 1-2 Amp. Hint. = 3.353 kWh/m².
 V_{bat} . final a las 17 hr: 11.94 V. (+0.18V).

Con el fin de conocer el rendimiento (Solar → Eléctrico), Energía Solar Incidente, $ESi = Hint$.
 $* A = 3354 \text{ Wh/m}^2 * 0.2826 \text{ m}^2 = 947.8 \text{ Wh}$.
 Energía Eléctrica suministrada a la batería $EEb = \int (V_i * I_i) * t = 102.74 \text{ Wh}$.
 Rendimiento , $\zeta = 10.8 \%$, Parece razonable.

Fig. 8a. Variación Voltaje y Corriente de batería de 90 Ah con radiación solar, cargando por panel Fotovoltaico al 22 de junio del 2004).



Continué cargando batería de nuevo con panel Solar (23.6.04), con mismo panel solar.

Durante el período de carga (09:15 – 16:00 hr), la Intensidad Solar integrada = 4.797 kWh/m². y el Voltaje final a las 5 pm era 12.11 V.

5.2. Dos paneles solares conectados en Paralelo.

5.2.1. Batería de 122 Ah. (22 Sept.2003).

Paneles eran conectados en paralelo. Una vez más he medido la Intensidad solar sobre la superficie del panel y voltaje de la batería (conectado al panel). Durante este período, el panel estaba generando entre 17-18 V. Aunque el día era bastante nublado, por tener dos paneles, el voltaje de la batería (sin los paneles solares) aumento del 12.05 al 12.73 V en 3 hr.

5.2.2. Batería, (DEXXA) , 90 Ah. 28.06.2004.

Voltaje Inicial: 11.42 V, He medido H_{ins} , H_{int} , V_{bat} . (con y sin panel solar) y I.
 Periodo de cargar: 09:00 al 14:15 hr. Datos son mostrado en la Figura 8b.
 V_{panel} : 11.54- 12.05 V, V_{bat} .: 11.47- 11.95 V. $I = 0.71- 4.75 \text{ Amp}$. Hint. = 3.22 kWh/m².
 V_{bat} . A las 17 hr. = 11.77 V (+0.35V).
 Como fue explicado en el caso anterior, El rendimiento (Solar ? Eléctrico), con este sistema será ,
 $\zeta = 172.9 / 1821 = 9.5\%$, muy razonable.

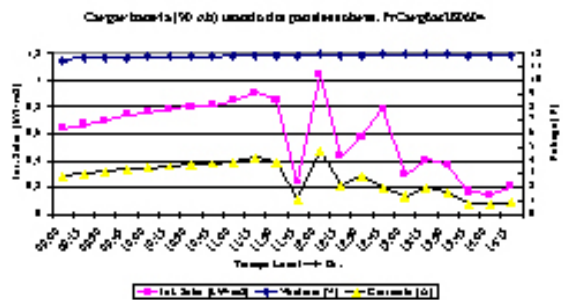


Fig. 8b. Variación Voltaje y corriente de batería de 90 Ah con radiación solar, cargando por dos paneles Fotovoltaicos, al 28 de junio del 2004.

Continué cargando la batería de nuevo con el mismo panel Solar (2.7.2004), Durante periodo de carga (10:00 – 15:30 hr), la intensidad solar integrada = 3.304 kWh/m² y el Voltaje final a las 16:15 hr era 12.00 V.



6. CONCLUSIONES:

En este trabajo hemos calentado 1 l de agua y cocinamos 500- 700 g de los alimentos usando una estufa eléctrica portátil de 12 VCC con baterías y paneles solares. Algunos resultados se pueden resumir como:

- a.** Con una batería cargada de 120 Ah, se pudo calentar 3 l de agua de 22 °C a 92-94 °C y un litro de 22 °C a 54 °C., con un rendimiento de conversión (eléctrico- calórico) cerca de 43%.
- b.** Con una batería cargada de 90 Ah, se pudo calentar 1 l de agua de 22 °C a 95 °C, y otro litro de agua de 22 a 85 °C, con un rendimiento de conversión a cerca de 23%.
- c.** Con una batería cargada de 75 Ah, se pudo calentar 1 l de agua de 21 °C a 88 °C y otro un litro de 22 °C a 57 °C, con un rendimiento de conversión a cerca de 22%.
- d.** Con una batería cargada de 26 Ah, se pudo calentar 1 l de agua de 22 °C a 50 °C.
- e.** Con una batería cargada, se pudo cocinar 500-600 g de alimentos en 2- 2.5 horas.
- g.** Usando la batería del carro en movimiento (o cargando continuamente) se pudo cocinar alimentos en 60- 75 minutos.
- h.** Una batería de 90Ah se pudo cargar en 2 días con un panel Solar y en un día con dos paneles solares, dependiendo del estado (voltaje inicial) de la batería y la intensidad solar.
- i.** El rendimiento de la conversión Solar → Eléctrico, usando uno o dos paneles solares es cerca de 10%.
- j.** Se puede cocinar hasta un día nublado, aunque lentamente, usando únicamente energía solar directa e indirectamente.
- k.** Un sistema completo, estufa eléctrica (US\$25), 2 paneles solares cada uno de 50-60 Wp (US\$500) y dos baterías, cada uno de 90 Ah (US\$150), puede costar cerca de US\$700/-.

Se puede observar que el proceso de cocción es posible aunque lento. Además de fuente gratis, abundante y limpio, esta estufa eléctrica sirve para cocinar dentro de la casa usando la energía solar acumulada en la batería.

Estamos en el proceso de construir e estudiar un horno eléctrico de 12VCC/120 VCA, de tamaño familiar e híbrido, usando energía solar y electricidad proveniente del Panel Solar.

7. REFERENCIAS:

- [1] . Shyam S. Nandwani, Experimental and Theoretical analysis of a simple Solar Oven in the climate of Costa Rica- I, Solar and Wind Technology, Vol. 5 (No. 2) 159-170, 1988.
- [2]. Shyam S. Nandwani, My Twenty Five Years of Experience with Solar Cooking in Costa Rica, Published in the proceedings, ISES 2005 Solar World Conference, held at Orlando, FL., USA, August 7-11, 2005.
- [3]. Shyam S. Nandwani, Design, Construction and Experimental Study of Electric Cum Solar Oven- II, Solar and Wind Technology, Vol. 6, N° 2, 149-158, 1989.
- [4]. Shyam S. Nandwani, Design, Construction and study of Hybrid Solar- Electric Food processor, Accepted for publication in Renewable Energy- an International Journal. 2006.
- [5]. Shyam S. Nandwani, Estudio de una Estufa Eléctrica Portátil, para cocinar dentro de la casa, por el uso de la Energía Solar. Trabajo presentado en la reunión anual del NUTECSA/ CYTED, Cusco, Perú del 28 al 30 de abril del 2004, publicado en el CD Rom.

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a los Técnicos Alexander Mora, Carlos Delgado, Lisandro Salazar y Asistente de Investigación Rafael Ramírez para la colaboración en algunas fases del estudio.

Mayor parte del análisis de los datos y armar el artículo se hizo en el Centro the Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italia, donde el autor fue invitado por 3 semanas, como Senior Associate Member. Agradezco al Centro y también al proyecto NUTECSA/ CYTED para financiar diferentes reuniones con el fin de compartir la experiencia relevante.

(*) Miembro- Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos (RICSA/ CYTED), Red Iberoamericana de Transferencia Tecnología de Aplicaciones de Energías Renovables (RITTAER/ CYTED), Red Iberoamericana de Aplicaciones Sostenibles de Energías Fotovoltaicas (RIASEF/ CYTED), Solar Cookers International, Sacramento, CA, USA. International Solar Energy Society (ISES), Alemania, Senior Associate, the Abdus Salam, International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy.

PROPUESTA DE NUEVA GEOMETRÍA PARA EL CONJUNTO INYECTOR – ALABE REGULADOR DE UNA TURBINA TIPO BANKI

Mariano M. Montiveros Ariel R. Marchegiani

Laboratorio de Máquinas Hidráulicas (La.M.Hi.)
Depto de Mecánica Aplicada -Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Buenos Aires 1400 - (8300) Neuquén
e-mail: marchegi@uncoma.edu.ar
nanomontiveros@yahoo.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de simulaciones numéricas 2D del flujo realizadas sobre dos geometrías básicas de inyector de una turbina Michell-Banki y se propone una nueva geometría que presenta algunas ventajas. Se investiga el efecto de las distintas geometrías del inyector sobre la eficiencia de la turbina. Para este estudio se utilizaron dos geometrías conocidas, la de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y de la Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT) y una nueva geometría basada en perfiles conocidos y en datos experimentales . Se realizaron simulaciones utilizando un modelo de flujo Turbulento. Se impuso un salto de presión entre la entrada y la salida obtenido a partir de los valores de operación de esta máquina. Las simulaciones numéricas se llevaron a cabo mediante el software FLUENT, de volúmenes finitos aplicado a un flujo permanente incompresible. Los resultados fueron comparados con datos experimentales a fin de validar el modelo teórico.

ABSTRACT

In this work the results of numerical simulations appear 2D of the flow realized on two basic geometries of injector of a turbine Michell-Banki and there is proposed a new geometry that presents some advantages. There is investigated the effect of the different geometries of the injector in the efficiency of the turbine. For this study two well-known geometries were used, one of the Latin-American Organization of Energy (OLADE) and the other of Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT) and a new geometry based on well-known profiles and on experimental information. Simulations were realized using a model of Turbulent flow. A jump of pressure was imposed between the inlet and the outlet obtained from the values of operation of these machines. The numerical simulations were carried out by means of the software FLUENT, of finite volumes applied to a permanent incompressible flow. The results were compared with experimental information in order to validate the theoretical model.

INTRODUCCIÓN

El inyector de una turbina Michell-Banki es el que dirige el agua hacia el rotor a través de una sección denominada arco de admisión que toma una determinada cantidad de álabes del mismo, a fin de obtener el mayor aprovechamiento de la energía. Posee una sección transversal de forma rectangular compuesta por dos caras laterales rectas que permiten descargar el flujo sobre todo el ancho del rotor y una cara superior envolvente que guía el flujo. La regulación de la potencia se

realiza variando el caudal que ingresa a la máquina, mediante un álabe regulador que permite estrechar la sección de pasaje del agua a través de un movimiento sobre su eje. El chorro entra al rotor con un ángulo que es constante en toda la admisión y tangente a la periferia del rotor. El flujo que abandona las paredes sólidas del inyector es definido como un chorro libre.

La diversidad de diseño en la geometría del inyector hace que se adopten distintos ángulos de admisión. A través de las diversas

investigaciones que se han realizado sobre esta máquina los ángulos de admisión del inyector van desde los 30° hasta los 120°. En el presente estudio se adoptaron los ángulos utilizados por las respectivas instituciones, es decir 71° para el ángulo de admisión de la turbina SKAT [1] y 120° para el de la turbina OLADE [2].

En las Figuras 1 y 2 se pueden observar los esquemas de ambas máquinas.

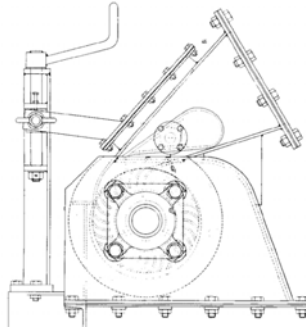


Figura 1: Inyector SKAT

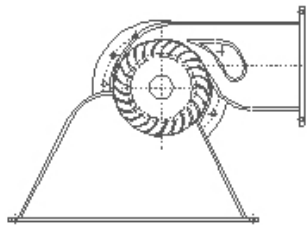


Figura 2: Inyector OLADE

En ambos casos, el álabe regulador divide el flujo en dos partes, una superior y otra inferior, con la finalidad de disminuir la cupla de accionamiento de dicho álabe.

MODELACIÓN NUMÉRICA Y CONDICIONES DE BORDE.

El sistema de leyes de conservación para analizar el escurrimiento de un fluido permanente e incompresible en el inyector suele expresarse mediante las ecuaciones de Navier Stokes, que matemáticamente representan un sistema de ecuaciones a derivadas parciales de primer orden acoplado y no lineal, de la forma:

$$\nabla \cdot u = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \right) = -\nabla p + \rho f + \rho g + \mu \nabla^2 u \quad (2)$$

A la entrada se impuso la presión dada por el salto que aprovecha la turbina. A la salida se impuso una presión relativa igual a cero. Las velocidades sobre las paredes sólidas se asumen

igual a cero [3]. La simulación numérica se llevó a cabo mediante el software para aplicaciones de CFD, FLUENT 6.2.

Para la modelación de flujo turbulento se utilizó un modelo del tipo eddy viscosity (hipótesis de Boussinesq) donde la viscosidad turbulenta se obtiene a partir de dos cantidades, la energía cinética turbulenta y la disipación turbulenta resueltas mediante dos ecuaciones en derivadas parciales (κ - ϵ). Las condiciones de contorno a aplicar sobre estos campos en las inmediaciones de contornos sólidos responden a la bien conocida ley de pared, apta para flujos a altos números de Reynolds.

La distribución de presión y velocidad es calculada en cada punto de la malla computacional. El campo de presión resultante en el inyector es una herramienta apropiada para predecir el comportamiento del álabe regulador.

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para realizar la validación de la simulación computacional se compararon los resultados obtenidos con valores experimentales obtenidos para un inyector OLADE [4]. Se realizaron simulaciones para aperturas del álabe regulador de 100%, 60% y 20% y se comparó con los resultados experimentales.

La simulación se llevó a cabo para mallas de distinta densidad a fin de encontrar la que mejor se adaptara al proyecto. Finalmente se optó por una malla de 6736 nodos y 12967 elementos triangulares, para el inyector OLADE, con la cual se logró una rápida convergencia. A la salida se extendió el dominio para evitar problemas de estabilidad sobre la salida del inyector (figura 3).

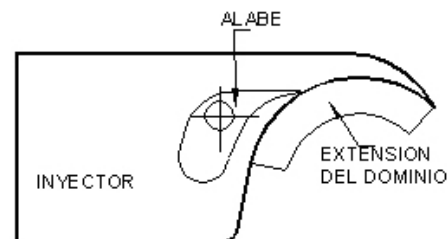
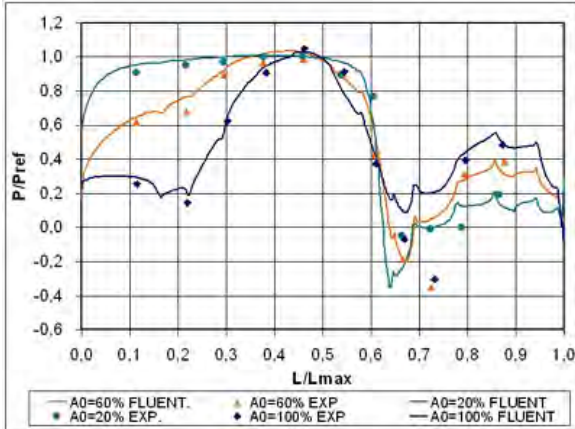


Figura 3: geometría inyector OLADE

Con el objetivo de comparar las distintas geometrías la presión se adimensionalizó con respecto a la presión en la entrada del inyector, y la longitud se adimensionalizó con referencia a la longitud total de cada elemento. Se simuló para un valor del

para un valor del número de Reynolds del orden de 4300 tomando como longitud característica la altura de la entrada y velocidad característica de entrada.

En la figura 4 se observan la comparación entre la simulación computacional y los resultados experimentales para las presiones sobre el álabe regulador.



Como puede apreciarse en las figuras anteriores se logró una buena aproximación a los resultados experimentales, con algunas dificultades en el ajuste sobre la pared superior y la zona de baja presión del álabe regulador. De esto se puede concluir que el modelo aplicado es válido para la simulación del flujo en el inyector de una turbina Banki.

La simulación permitió la obtención del caudal erogado por la máquina. El caudal obtenido por simulación para una apertura del 100%, fue del orden de $0.02141 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que el caudal medido experimentalmente para las mismas condiciones fue de $0.02158 \text{ m}^3/\text{s}$.

COMPARACIÓN DE LAS GEOMETRÍAS

A continuación se procedió a simular el flujo en el inyector SKAT. Para ello se comprobaron, al igual que en el caso anterior, mallas de distinta densidad, y finalmente se adoptó una malla de 24839 nodos y 48453 elementos, basado en la estabilidad de la convergencia. Al igual que en el caso anterior se utilizó una extensión del dominio a la salida. En la figura 5 se observa la geometría adoptada.

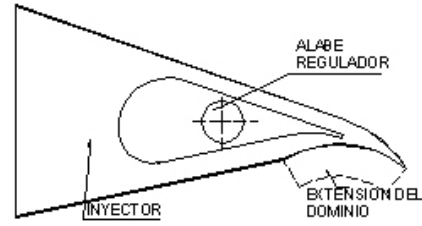


Figura 5: geometría inyector SKAT

A fin de poder comparar los resultados también se realizaron simulaciones para aperturas del álabe regulador de 100%, 60% y 20%.

En la figura 6 se observa el campo de presiones en el inyector OLADE, para una apertura del distribuidor del 100%. Lo propio se observa, en la figura 7 para el inyector SKAT.

Las comparaciones se llevaron a cabo para las presiones sobre los componentes mas importantes del inyector como son el álabe regulador y la pared superior, así como también se analizaron las velocidades a la entrada y presiones y velocidades a la salida del mismo.

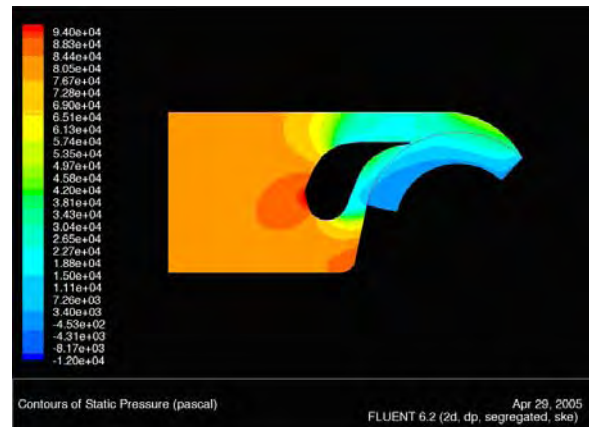


figura 6

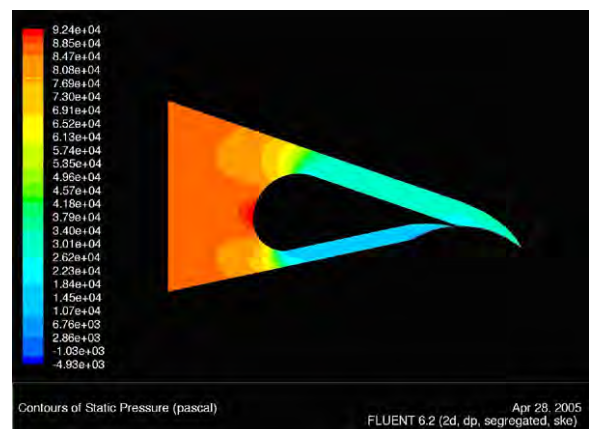


figura 7

En la figura 8 se pueden observar las presiones sobre el álabe regulador para una apertura A_0 del 100%, en ambas geometrías, y en la figura 9



se observa la misma situación para la pared superior.

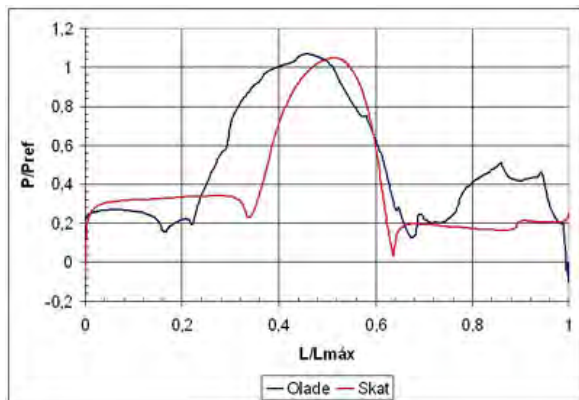


figura 8

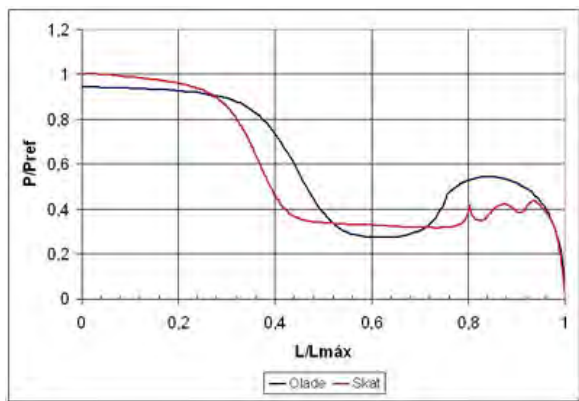


figura 9

Como vemos la distribución de presiones para la máxima apertura es similar en ambas geometrías, lo que se repite para las distintas aperturas.

A la salida del inyector la distribución de presiones es similar en ambas geometrías, tanto en distribución como en magnitud. Es interesante observar que a pesar de que la turbina Banki es considerada como una turbina de acción los valores de presión a la salida del inyector esta lejos de tener el valor de la presión atmosférica, como puede observarse en la figura 10. Es por este motivo que algunos investigadores han mencionado que la turbina de flujo transversal es una “turbina limite” entre una turbina de acción y una turbina de reacción.

Otro punto notable se evidencia en la distribución de velocidades a la salida como se observa en la figura 12.

Esto es la notable uniformidad en la distribución de dichas velocidades en ambas geometrías lo que indica a primera vista una buena distribución del caudal para ambos casos.

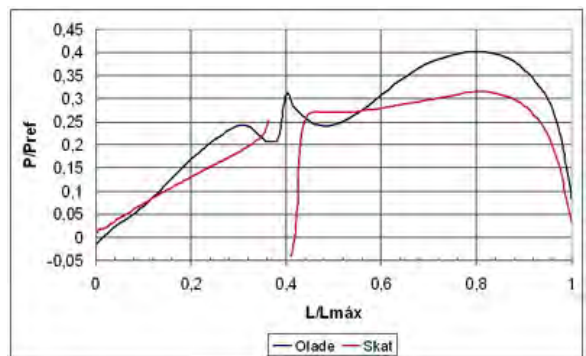


figura 10

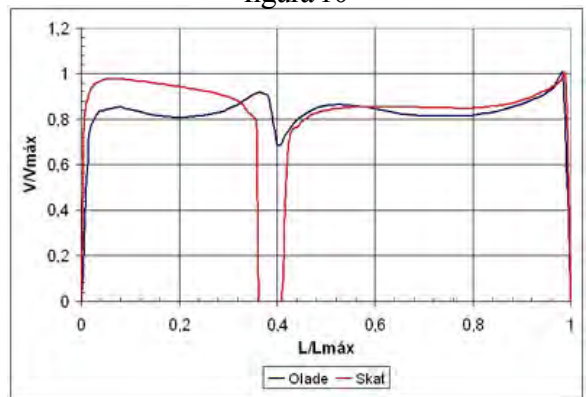


figura 11

En el caso de la OLADE, donde el álabe regulador está mas alejado del rotor, inclusive la velocidad se alcanza a estabilizar de mejor manera que en la geometría SKAT.

En base a los datos obtenidos de las simulaciones también se analizó la regulación del caudal que logran las distintas geometrías de acuerdo al porcentaje de apertura del álabe distribuidor. En la figura 12 se puede observar la comparación de este proceso.

Se observa que la geometría OLADE tiene una regulación del caudal casi lineal mientras que la geometría SKAT tiene una regulación de forma parabólica. Esto da una ventaja a la primera geometría a la hora de pensar un mecanismo automático de regulación de caudales.

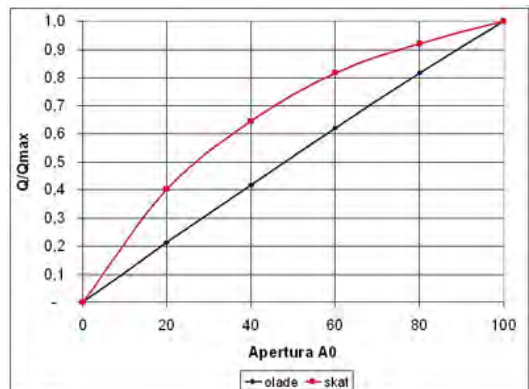


figura 12

Otro de los parámetros que se deben analizar en el mismo sentido es el torque necesario sobre el álabe regulador para mantener la apertura deseada. Esto se observa en la figura 13.

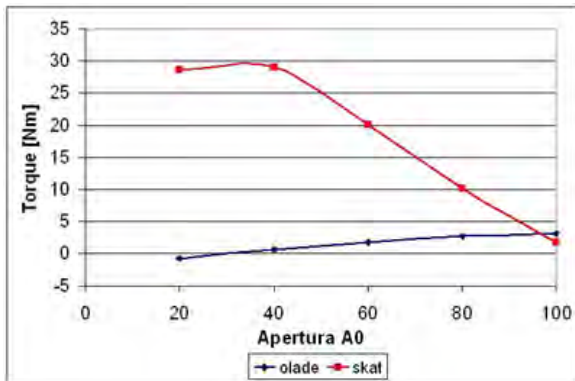


figura 13

Aquí se ve que para la apertura máxima el momento necesario es prácticamente el mismo para ambas geometrías, pero para aperturas menores el incremento del torque se hace notable en la geometría SKAT mientras que en el inyector de la OLADE, éste inclusive disminuye. Esto da otra ventaja a la geometría OLADE frente a un eventual mecanismo de regulación de caudales. El aumento del torque en la geometría SKAT puede deberse al mayor desarrollo del álabe regulador que en los casos analizados era prácticamente el doble que en la geometría OLADE.

PLANTEO DEL PROBLEMA

Si bien la geometría de la OLADE tiene varias ventajas sobre la geometría SKAT, su gran desventaja es la dificultad de construcción debido principalmente a lo complicado del diseño de su álabe regulador.

Por lo tanto el objetivo fue buscar una geometría sencilla con una alta eficiencia hidráulica. Para lograr este objetivo se investigaron numéricamente distintos perfiles ponderando el comportamiento de cada uno de ellos.

SIMULACIÓN DE PERFILES 2D

En primer lugar, todas las simulaciones de los perfiles se llevaron a cabo en un canal de paredes paralelas (figura 14), con una reducción en el extremo aguas abajo. Dicha reducción, fue calculada, para garantizar la presión requerida en la entrada.

Progresivamente, se fue cambiando la posición del perfil en el interior del canal, hasta llegar al cierre total del mismo. Los movimientos se discretizaron de tal manera, que el cierre se fuera efectuando en intervalos de 20%.

Las simulaciones se llevaron a cabo sobre perfiles de la serie NACA (0012, 4412, 0018) [5],[6]. En los perfiles NACA, se efectuó un corte a la altura del 84% de la cuerda desde el borde de ataque [7].

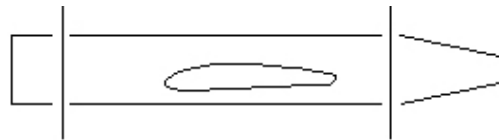


figura 14: canal de ensayo

En función de buscar una combinación de ventajas, que permitan una mejora substancial del rendimiento de la máquina, se trabajó en pos de mejorar la eficiencia del conjunto Inyector – Álabe Regulador. De acuerdo a geometrías conocidas de perfiles alares, se buscó una tal que, la perturbación en el flujo fuese mínima.

Las premisas para la selección del perfil, fueron: geometría simple, que pueda construirse de manera rápida y a bajo costo; que posea un distribución aproximadamente lineal del momento en el pivote, en función de la apertura del mismo; que provea de un espectro amplio de regulación de caudal (en el orden del 50% del nominal).

Con las simulaciones de los perfiles mencionados líneas arriba, se arribó a los siguientes resultados, tanto de regulación de caudal (figura 15), pérdidas de energía (figura 16) y momento en el pivote del perfil NACA 0018 (figura 17):

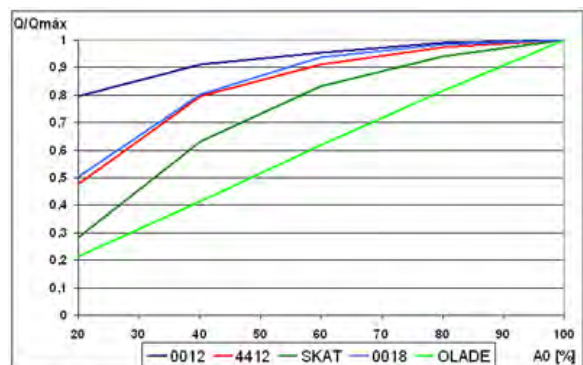


Figura 15

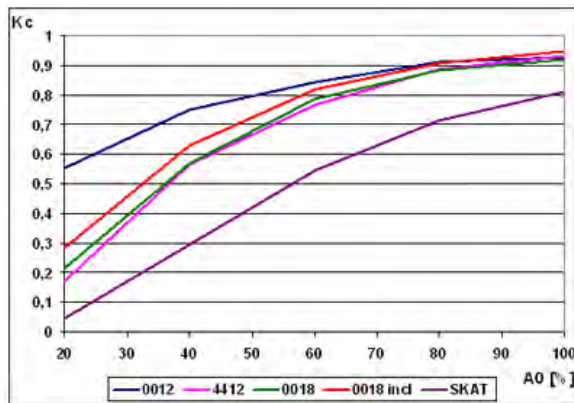


Figura 16

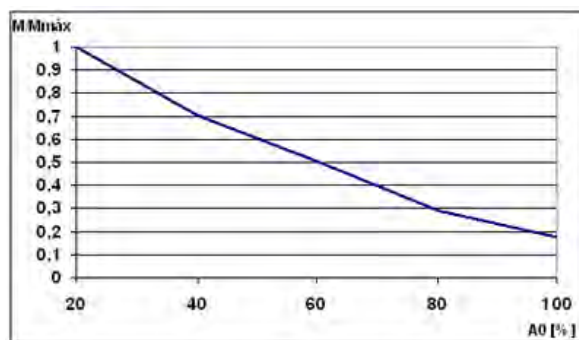


Figura 17

El criterio de pérdida de energía, es la relación existente entre la energía total a la salida y la energía total a la entrada. En este caso, se puede observar que el perfil NACA 0012, posee una relación mayor, pero esa ventaja se ve relegada por el poco espectro de regulación de caudal.

Por lo tanto, y de acuerdo a los gráficos expuestos, se puede llegar a una primera conclusión:

Debido a la distribución aproximadamente lineal y positiva del momento en un punto coincidente con el 55% de la cuerda original del perfil, a la adecuada regulación de caudal, a su simetría y a la aceptable introducción de pérdidas de energía, el perfil que servirá de base para el diseño del álabes regulador, será el perfil NACA 0018.

Lo anterior, queda respaldado por lo siguiente:

Desde el punto de vista de la regulación, es conveniente una variación lineal del momento en el árbol motor, respecto del grado de apertura. Dicha variación lineal, se halla en el 55% de la cuerda original del perfil.

Desde el punto de vista del caudal, si bien los perfiles SKAT y OLADE son los que mayor espectro de regulación tienen, tanto las pérdidas que introducen como la no linealidad del momento, son fuertes desventajas.

Finalmente, desde el punto de vista de las pérdidas, si bien el perfil 0012 es el que menores pérdidas provoca, no es adecuado desde el punto de vista de la regulación de caudal. Para el rango de aperturas dado, tan solo disminuye el caudal a un 80% del nominal. Por el lado de los perfiles SKAT y OLADE, dicha disminución, alcanza valores cercanos al 30 y 20% respectivamente del caudal nominal; pero ensayos de regulación gruesa, destacan que una máquina de pequeño porte, tan solo opera con un rendimiento aceptable, hasta una disminución del 50% del caudal nominal. Por último, es de destacar que este perfil es simétrico, por lo tanto su construcción es más simple que la de otros posibles, caso OLADE, SKAT y NACA 4412.

SIMULACIÓN DE CONJUNTO INYECTOR – REGULADOR

Tomando como base el perfil para el órgano regulador, se procederá al diseño y simulación del inyector de la máquina. Los parámetros, tales como apertura de entrada y ángulo de convergencia; fueron calculados en función de conservar las características de paso de la corriente dadas en las condiciones de simulación de los perfiles en la corriente del canal citado con anterioridad. Una característica de este modelo, es que la parte curva de la pared superior, es un arco de circunferencia, a fin de cumplir con la premisa de sencillez de diseño. Por otro lado, esa característica se verifica también en el modelo propuesto por OLADE.

Se comenzó con una geometría tal, que permitiera la ubicación del órgano regulador similar a las condiciones de simulación anteriores. Dicha configuración, mostró inestabilidad por lo que fue descartada.

Posteriormente, se procedió a alejar en dirección aguas arriba el órgano regulador y colocarlo con su cuerda totalmente horizontal. Con ello, se logró garantizar una mayor homogeneidad de la corriente adyacente a la salida del inyector, y también, una mayor sección de paso de la vena fluida.

Con esta configuración, se logró una notable mejoría, en cuanto a la estabilidad del flujo principalmente.

Se realizó con la misma geometría de inyector, una reforma al álabes regulador, tomando como base un perfil NACA 0015. Se utilizó idéntica geometría de borde de ataque, pero a un 30 %

del extradós y al 15% del intradós se utilizaron lados rectos, que convergen al un borde de fuga especial. También, se efectuó un corrimiento de este órgano hacia la entrada del inyector, para permitir un mejor ordenamiento de las líneas de corriente previo al ingreso al rotor de la máquina y una inclinación de 1° de la cuerda, respecto a una horizontal perpendicular a la entrada. La configuración final, puede apreciarse en la figura 18:

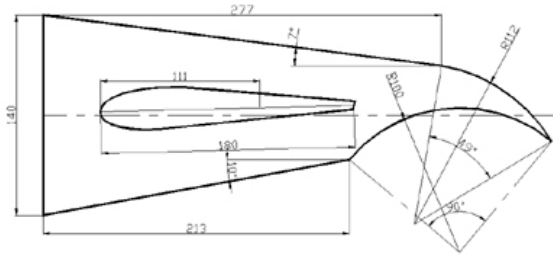


Figura 18

Con dicha configuración, se lograron los resultados que se muestran en la tabla 1:

APERTURA	CAUDAL	MOMENTO	PRESIÓN [Pa]		
			ENTRADA	SAIDA	RELACION
100	54,3	1,34	98100	90712,9	0,924898
83,4	52,24	24,96	98100	88457,68	0,901709
67,7	48,94	49,77	98100	80064,29	0,81615
51,6	43,18	74,1	98100	64665,69	0,669181
35,4	33,54	88,26	98100	42453,96	0,432762
19,35	19,57	81,45	98100	19634,33	0,200146
9	10,77	71,3	98100	9746,73	0,099355
0	0		98100	0	0

Tabla 1

En la figura 19, se verifican la distribución de momento en el pivote, espectro de regulación de caudal y relación de energías, en función del grado de apertura.

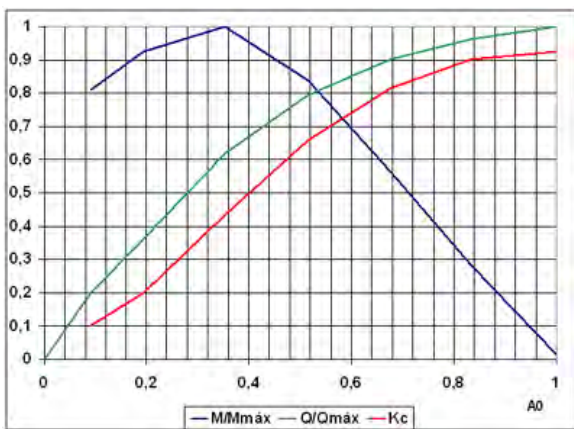


figura 19

A continuación, se exponen los gráficos de distribución de energía total y de velocidad a la salida del inyector (figuras 20 y 21):

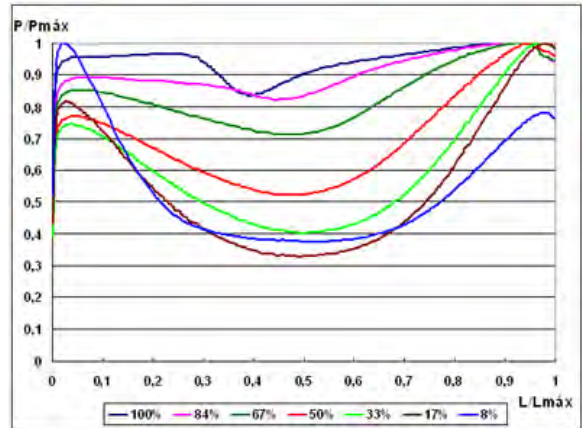


Figura 20

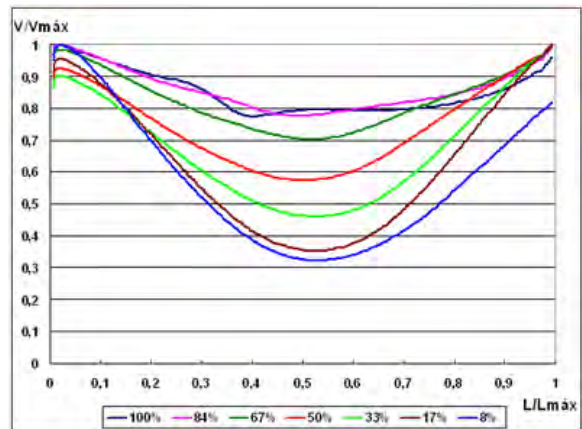


Figura 21

En la figuras 22 y 23 pueden apreciarse los campos de presión y velocidad para una apertura del 100% en las que se aprecia la uniformidad alcanzada.

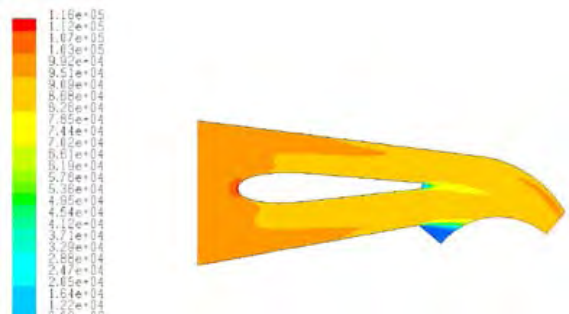


Figura 22

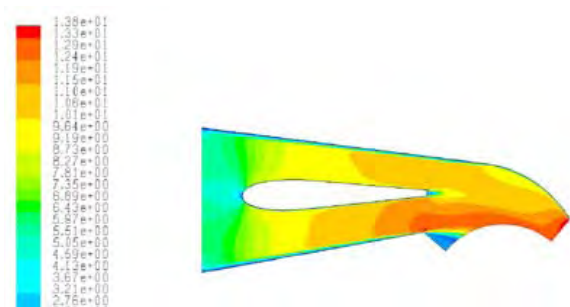


Figura 23

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos en la simulación para las diferentes aperturas de regulador tienen un buen ajuste con los valores experimentales para una simulación 2D turbulenta. Los caudales obtenidos concuerdan con los valores experimentales.

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio de las simulaciones computacionales, se adoptó una geometría de conjunto inyector – regulador que presenta:

- Geometría simple del inyector
- Geometría conocida y simple del órgano regulador
- Aceptable valor de coeficiente de inyector (relación de presiones), 0,925.

Las dos primeras características responden a la política de tecnología apropiada, es decir, que con herramientas básicas y disponibles en un taller corriente, pueden construirse estos órganos a costos accesibles.

Por el lado operativo, el valor de coeficiente 0,925, es considerado como aceptable, puesto que resulta estar en el orden de coeficientes de inyector de geometrías conocidas y simuladas con anterioridad. Igualmente, esta geometría de conjunto, logra reunir las ventajas de las geometrías planteadas y atenúa los inconvenientes de cada una de ellas.

Por lo observado en los resultados, se logra una mejor y más aceptable distribución, tanto de la presión total, como de la velocidad a la entrada del rotor de la máquina (o salida del inyector). Se puede apreciar, para aperturas desde el 100% al 50%, una reducción no menor al 50% de la velocidad máxima del perfil, lo que se traduce en una muy buena analogía de los triángulos de velocidad a la entrada de los álabes rotóricos.

En cuanto a la presión total, la misma se halla comprendida entre límites aceptables de variación, que cae hasta un valor aproximado del 35% de la máxima del perfil.

Estos dos factores expuestos, otorgan a la máquina una muy buena posibilidad de regulación de potencia con el manejo de la regulación del caudal. Luego, combinado con un regulador de frecuencia y de derivación de potencia, se logrará, una excelente regulación de la potencia y un ahorro considerable del recurso hídrico.

En este momento el diseño final se encuentra en etapa de ensayo.

Con el uso de los métodos computacionales, es posible, analizar las diferentes alternativas de diseño y optimización, antes de fabricar una turbina o un modelo a escala reducida para ensayar físicamente. Los modelos computacionales de escurrimientos nos permiten acceder a información importante y necesaria para lograr un mejor entendimiento de los fenómenos hidrodinámicos en componentes de turbinas.

REFERENCIAS

- [1] Arter A. Widmer R. Nakarmi K. (1993). The T3M Cross Flow Turbine. (SKAT).
- [2] Hernández C. (1982). *Manual de diseño, Estandarización, y Fabricación de Equipos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.* (OLADE) Ecuador.
- [3] Marchegiani A. Nigro N. Storti M (2003). **Simulación Numérica 2D del Flujo en el Inyector de Una Turbina Tipo Banki X ELPAH.** Poços De Caldas - Brasil.
- [4] Aguerre C., Aguerre R. (1987). **Ensayos de Turbinas Michell Banki.** U.N.L.P. La Plata Argentina
- [5] **Theory of Wines Sections;** Ira Abbott, A. Von Doenhoff; Dover Publications; (1959)
- [6] **Airfoil Aerodynamics, Force Balance Measurements;** Jeffrey Newcamp, Group 6; AME; (2002)
- [7] **Le Distributeur de la Turbina Hydraulique à Réaction ;** Th. Bovet ; Lausanne (1969).-

UMA ANÁLISE JURÍDICA DOS MARCOS REGULATÓRIOS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL

Professor Dr. GERALDO LUCIO TIAGO FILHO
Secretario Ejecutivo CERPCH
Diretor do Instituto de Recursos Naturais - IRN
Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI- Itajubá Brasil
E-mail: tiago@unifei.edu.br; Fone: +55 (35) 3629-1156

Servidora Pública FLÁVIA FIGUEIREDO MAIA COMUNIAN
Programa de Pós-Graduação Engenharia da Energia
Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI – Itajubá, Brasil
E-mail: flaviafmaia@ig.com.br fone: +55(35) 3214-4381

RESUMEN

En Brasil, debido a su dimensión y potencial hídrico, más del 70% de la generación de energía eléctrica es resultante de sus recursos hídricos. Sin embargo, es sabido que las centrales hidroeléctricas de mediano y gran porte le causan mucho más impacto al medio ambiente que una pequeña central hidroeléctrica, que resulta ser una fuente renovable de energía muy viable en el escenario actual. Para la aprobación del establecimiento de una PCH es exigido el licenciamiento ambiental, el cuál solamente se concede y se considera valido cuando son observados todos los trámites exigidos por ley. Resulta que durante ese proceso, pueden ocurrir fallos y fraudes, que ocasionan un perjuicio inmensurable y hasta mismo irreversible al medio ambiente. De ello la importancia del análisis jurídico, por la sociedad y su representantes, del procedimiento de licenciamiento ambiental en el despliegue de una pequeña central hidroeléctrica visando impedir que sean practicados actos contrarios al mantenimiento de la buena calidad ambiental.

ABSTRACT

In Brazil, due to its dimension and hydro potential, more than 70% of its electrical energy production proceeds from hydro resources. However, it is known that the medium and large size hydroelectric central power impacts much more negatively in the environment than a small one - renewable source of energy much more viable in the current context. The environmental license is demanded in the implementation approval of a PCH, which will only be established and considered valid if observed all the legally demandable proceedings. During these bureaucratic process, fails and fraud can happen, occasioning irreversible damages to the environment. This fact justifies the importance of the legal analysis by society and its representatives about environmental licensing process in small hydroelectric central power implantation, in order to avoid acts against the environment quality.

RESUMO

No Brasil, devido à sua dimensão e potencial hídrico, mais de 70% da geração de energia elétrica são provenientes de recursos hídricos. Entretanto, é sabido que as centrais hidrelétricas de médio e grande porte impactam muito mais o meio ambiente do que uma pequena central hidrelétrica, o que a torna uma fonte renovável de energia bastante viável no contexto atual. Para aprovação da implantação de uma PCH é exigido o licenciamento ambiental, o qual somente será concedido e considerado válido se observados todos os trâmites legalmente exigíveis. Acontece que durante esse processo, podem ocorrer falhas e fraudes, causando um prejuízo imensurável e até irreversível ao meio ambiente. Daí a importância da análise jurídica, pela sociedade e seus representantes, do processo de licenciamento ambiental na implantação de uma pequena central hidrelétrica para impedir que sejam praticados atos contrários à boa qualidade ambiental.



INTRODUÇÃO

Atualmente, a demanda energética tende a um rápido crescimento para atender às necessidades da humanidade. Nesse compasso, a energia deve ser vista como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento sustentável, vez que o setor energético, do ponto de vista global, tem participação importante nos principais problemas ambientais da atualidade.

ENERGIA ELÉTRICA

A geração de energia elétrica é obtida através da transformação de uma fonte de energia primária em eletricidade. Uma parte significativa dos impactos ambientais, culturais e socioeconômicos dos sistemas de energia elétrica é provocada no processo de geração de energia, tornando-o um elemento relevante no contexto de qualquer estratégia voltada a um desenvolvimento sustentável.

As fontes primárias utilizadas na geração da energia elétrica podem ser classificadas como não-renováveis e renováveis. As fontes não-renováveis são aquelas passíveis de extinção ou esgotamento. Essas fontes foram criadas pela natureza ao longo de milhares de anos e o consumo pelo ser humano se dá numa velocidade incompatível com o tempo necessário para que a natureza as recomponha. Enquadram-se nesta categoria os derivados de petróleo, a energia geotérmica, o gás natural e os combustíveis radioativos. Tais fontes são utilizadas principalmente no processo de geração termelétrica, que é a transformação da fonte primária em energia térmica.

As fontes renováveis, por sua vez, são aquelas cuja reposição pela natureza se dá de forma rápida e compatível com sua utilização energética (água dos rios, marés, ventos, sol etc) ou cuja manipulação pode ser compatibilizada com as necessidades de sua utilização energética, como no caso da biomassa – florestas energéticas, cana-de-açúcar e resíduos animais, humanos e industriais. A sua utilização para produção de energia elétrica se dá principalmente através de usinas hidrelétricas, eólicas, solar-fotovoltaicas (energia solar, diretamente) e centrais termelétricas (energia solar, indiretamente, gerando vapor e biomassa renovável).

As tecnologias de geração de energia baseadas em fontes renováveis, em que pese ainda não

apresentarem competitividade econômica de forma global, são muito atrativas não só em função de suas vantagens ambientais, mas também pelas suas vantagens sociais.

A escolha da fonte de energia que deve ser utilizada para cada país ou região depende basicamente das fontes naturais disponíveis e do domínio e custo das tecnologias necessárias ao seu aproveitamento. A conjugação dos fatores econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais forma o pilar básico para uma melhor escolha para cada região ou país.

No Brasil, água e energia têm uma forte e histórica interdependência, de forma que a contribuição da energia hidráulica ao desenvolvimento econômico do país tem sido expressiva. Seja no atendimento das diversas demandas da economia – atividades industriais, agrícolas, comerciais e de serviços – ou da própria sociedade. Também desempenha papel importante na integração e desenvolvimento de regiões distantes dos grandes centros urbanos e industriais.

Devido à sua dimensão e potencial hídrico, atualmente mais de 70% da geração de energia elétrica, no Brasil, são provenientes de recursos hídricos, enquanto a matriz de geração de energia elétrica mundial, tem os combustíveis fósseis como principal fonte.

Apesar da tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica.

O suprimento de energia tem como seus pilares básicos a geração e o transporte. O transporte é composto pelos processos de transmissão e distribuição de energia e tem sua importância elevada, no caso do Brasil, em função da hegemonia das grandes centrais hidrelétricas que, em geral, localizam-se muito distante dos principais centros consumidores. A geração da energia elétrica pode ser classificada nos seguintes grandes grupos: energia hidrelétrica,

termelétrica não-renovável; energia termelétrica renovável; novas tecnologias renováveis.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

No Brasil, até a década de 50, as centrais hidrelétricas normalmente eram de pequeno porte e eram operadas em sistemas isolados. A partir desta década, com a política de planejamento energético centralizado, iniciou-se a implantação dos sistemas interconectados compostos por grandes centrais hidrelétricas.

Atualmente, essa situação tem-se invertido. A maior consciência dos impactos socio-ambientais e as mudanças estruturais em andamento (descentralização, privatização, novas tecnologias visando redução de custos etc) somam-se no esforço de incentivar o desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas.

As centrais hidrelétricas podem ser classificadas de diversas formas. A forma mais comum é quanto à potência:

Tabela 1. Classificação das PCH no Brasil

Classificação	Potência KW
Micro	$P < 100$
Mini	$100 < P < 1.000$
Pequenas	$1.000 < P < 30.000^*$

(*) Resolução ANEEL 652/03

De todas as fontes energéticas hoje exploradas, a energia hidrelétrica se destaca por utilizar como fonte a água, um recurso renovável, não poluente e sem resíduos. Apresenta ainda a possibilidade de reutilização da jusante para nova geração de energia. Além disso, tem comprovada viabilidade econômica em larga escala. Mas sua implantação pode provocar fortes impactos ambientais, socioculturais e econômicos.

A construção de centrais hidrelétricas, notadamente as de grande porte provocam grandes impactos ambientais.

O impacto físico mais comum é a diminuição da correnteza do rio, o que gera uma alteração na dinâmica do ambiente aquático. Já os impactos biológicos, estão relacionados à barreira física introduzida com a implantação da barragem: cria um fator de isolamento para populações e espécies aquáticas que antes viviam em contato e impede ou dificulta a piracema de algumas espécies de peixe. Esses impactos, em geral, afetam a biodiversidade do rio.

Os principais impactos socioeconômicos da implantação de uma usina hidrelétrica estão relacionados com a área a ser alagada: a movimentação de populações, a perda de sítios históricos, a perda de áreas economicamente ativas (a exemplo de pastos e áreas aráveis) e reservas ambientais (florestas). Também a diminuição da qualidade da água e o possível aumento da incidência de doenças são considerados como impactos socioeconômicos. Apesar de todos os problemas e erros do passado, o que se defende é que isso não deve justificar o abandono de projetos de hidrelétricas, e sim servir de referência para uma reavaliação desses projetos a partir de novos parâmetros. No caso do Brasil, essa ótica ganha relevância em função do enorme potencial hídrico não explorado e da crescente demanda por energia elétrica. Como não é possível se eliminarem os impactos, é importante que se minimizem as conseqüências negativas nas áreas social e ambiental.

LEGISLAÇÃO

A legislação brasileira atual exige, para a aprovação de projetos hidrelétricos, a apresentação de um estudo minucioso de avaliação dos impactos ambientais associados ao projeto específico. A avaliação de impacto ambiental (AIA) é um instrumento de política ambiental, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente, formado por um conjunto de procedimentos que visa assegurar, desde o início do processo, a realização do exame sistemático dos impactos ambientais de uma determinada ação proposta e de suas alternativas. É composto basicamente por dois documentos: Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Esse estudo é realizado por equipes multidisciplinares que buscam identificar todos os impactos negativos sobre o ambiente e as contramedidas necessárias para sua mitigação. Deve ser efetuado de forma que os resultados sejam apresentados adequadamente ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, para que estes possam ser devidamente considerados como integrantes do desenvolvimento dos projetos e como parte do processo otimizador de decisão.

A Constituição Federal de 1988, ambientalmente inovadora, é considerada como um marco significativo na mudança de concepção sobre o meio ambiente e de sua vimento dos projetos



proteção legal. No que diz respeito aos recursos hídricos, o legislador federal estabeleceu uma nova normatização que viabilizou o estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente, tendo os seguintes objetivos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização adequada e racional dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção contra eventos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A PNRH foi estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que, em seu artigo 1º, define como princípios básicos que a água é um bem de domínio público; é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que a gestão dos recursos hídricos deve contemplar o uso múltiplo das águas. A adoção do critério de que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e é um elemento de interesse de toda a sociedade (Poder Público, usuários e comunidades), levando à necessidade da promoção de esforços conjuntos para a obtenção de resultados favoráveis.

Por essa razão, a informação e o acesso ao processo de licenciamento ambiental, por parte de todos os membros e representantes da sociedade, são de relevante importância jurídica.

A definição de um conceito para impacto ambiental não é simples e está essencialmente vinculada à própria definição de meio ambiente. A humanidade necessita intervir na natureza para sobreviver e qualquer dessas ações produz repercussões. A questão não é se os recursos naturais devem ser utilizados, mas como eles devem ser utilizados de forma a se garantir um grau mínimo de sustentabilidade desses próprios recursos.

O artigo 225, §1º, IV da Constituição Federal prevê que, para assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, compete ao Poder Público exigir, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ao meio ambiente, o estudo prévio de impacto ambiental.

Os principais instrumentos definidos na Política Nacional do Meio Ambiente para a gestão ambiental são a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e o Processo de Licenciamento Ambiental.

A AIA é composta por dois documentos básicos: o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA). O estabelecimento das definições, responsabilidades, critérios básicos e as diretrizes gerais para o efetivo

uso e implementação da AIA se deu através da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

O EIA é o resultado de uma série de atividades científicas e técnicas, multidisciplinares, que incluem: diagnóstico ambiental; identificação, previsão e mensuração dos impactos ambientais; valorização das medidas mitigadoras; programas de monitoração dos impactos ambientais.

O principal objetivo do EIA é fornecer uma base confiável de informação que permita o gerenciamento dos conflitos e interesses envolvidos na implantação de qualquer projeto como potencial impacto ambiental.

O EIA é um procedimento público e, mesmo que haja a iniciativa privada de empreendê-lo, o órgão público fiscalizador deverá estar presente, aceitando ou rejeitando o estudo realizado, devendo ser conclusiva a avaliação do EIA, pelo órgão fiscalizador.

O EIA é um documento extenso, de cunho detalhado, onde são indicados todos os Programas Básicos Ambientais (PBAs), que deverão ser implementados para eliminar ou compensar os impactos ambientais. Sua qualidade é de fundamental importância para a liberação do projeto e para a avaliação adequada de seu prazo e custo de implementação.

O RIMA é um documento originado do EIA, escrito em linguagem corrente, que visa esclarecer para o público em geral e, em especial, para a comunidade afetada, todos os elementos da proposta e do estudo de impacto ambiental. Ele deve conter, de forma clara e em linguagem acessível, todos os impactos positivos e negativos considerados relevantes. O objetivo do RIMA é tornar o público e os responsáveis pela decisão componentes integrados ao desenvolvimento do processo de decisão. Esse documento é a base para a realização da assembléia pública, etapa obrigatória no processo de aprovação do EIA-RIMA e, conseqüentemente, no processo de concessão da licença ambiental.

Os principais temas abordados nos estudos ambientais de hidrelétricas são: a caracterização do empreendimento; geomorfologia, geologia, pedologia; qualidade das águas superficiais; flora; fauna terrestre; ictiofauna; aspectos socioeconômicos e saneamento.

O Processo de Licenciamento Ambiental foi efetivado, de fato, como um instrumento da política de gestão ambiental através da Resolução Conama

nº 237/97.

Segundo a Resolução Conama nº 001/86, em seu artigo 1º, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que, direta ou indiretamente, afeta:

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota (fauna e flora de uma dada região);
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade ambiental.

Essa mesma resolução, em seu artigo 2º, define as atividades modificadoras do meio ambiente que têm suas licenças dependentes da elaboração e aprovação dos EIA-RIMA. Dentre elas, no inciso XI, estão as usinas de geração de energia elétrica acima de 10 MW, independentemente da fonte de energia primária utilizada.

O artigo 6º define o escopo mínimo do EIA, contemplando, em linhas gerais, o desenvolvimento das seguintes atividades técnicas:

- I - Diagnóstico ambiental da área de influencia do projeto;
- II – Análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas;
- III – Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos;
- IV – Elaboração de programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos.

A Resolução 237/97 define o Licenciamento Ambiental como o procedimento administrativo através do qual a administração pública, por intermédio do órgão ambiental competente, analisa a proposta apresentada para o empreendimento ou atividade e o legitima, considerando as disposições legais e regulamentares aplicáveis e sua interdependência com o meio ambiente, emitindo, se for o caso, a respectiva licença.

Já a Licença Ambiental é definida como sendo o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, seja pessoa física

ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades consideradas efetiva ou potencialmente degradadoras do meio ambiente.

A concessão da licença é dependente do estudo prévio de impacto ambiental. Os EIA-RIMA só poderão ser dispensados se o órgão ambiental competente entender que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente. Nesses casos, o mesmo órgão definirá os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de licenciamento.

No que diz respeito às competências, a Resolução nº 237/97 estabelece os níveis de competência federal, estadual e municipal, de acordo com a extensão do impacto ambiental. Define também que os empreendimentos e atividades serão licenciados em um único nível de competência.

No nível federal, compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de abrangência nacional ou regional, dentre os quais pode-se citar os procedimentos ou atividades:

- I – localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe;
- II – localizados ou desenvolvidos em dois ou mais Estados;
- III – cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados.

Compete ao órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades que sejam localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de domínio estadual; cujos impactos diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais municípios e aqueles que, porventura, sejam delegados pela União aos Estados, por instrumento legal ou convênio.

Compete ao órgão ambiental municipal o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local e daquelas que forem delegadas pelo Estado, através de instrumento legal ou convênio.

Apesar de o licenciamento se dar em um único nível de competência, quando couber, deverão ser levados em consideração os pareceres dos demais



órgãos competentes da União, dos Estados e dos Municípios, que estejam envolvidos no processo.

Em Minas Gerais, o licenciamento ambiental é exercido pelo COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental, por intermédio das Câmaras Especializadas, da FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, no tocante às atividades industriais, minerárias e de infra-estrutura e do IEF – Instituto Estadual de Florestas, no tocantes às atividades agrícolas, pecuárias e florestais.

As bases legais para o licenciamento e o controle das atividades efetiva ou potencialmente poluidoras em Minas Gerais estão estabelecidas na Lei nº 7.772, de 08 de setembro de 1980, do Decreto nº 39.424, de 05 de fevereiro de 1998, que a regulamenta, compatibilizados com a legislação federal.

Complementar ao Decreto, as deliberações normativas e resoluções do COPAM normatizam as condições para o sistema de licenciamento ambiental.

A deliberação normativa nº 74, de 27 de setembro de 2004, classifica as PCH'S, como sendo atividades de infra-estrutura de energia. A Resolução Conama nº 237/97, em seu artigo 8º, define as licenças a serem expedidas pelos órgãos competentes:

Licença Prévia (LP) – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.

Licença de Instalação (LI) – autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionamentos;

Licença de Operação (LO) – autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação.

O artigo 11 define que os estudos necessários para o desenvolvimento do processo de licenciamento deverão ser realizados por profissionais legalmente habilitados, às custas do empreendedor, sendo que todos, empreendedor e

profissionais que subscrevem os estudos, serão responsáveis pelas informações apresentadas, estando sujeitos às sanções administrativas, civis e penais.

No que diz respeito ao estabelecimento dos prazos para análise de toda a documentação exigida no processo de licenciamento, o artigo 14 define que o órgão ambiental competente poderá definir prazos diferenciados para cada tipo de licença (LP, LI ou LO) em função das características do empreendimento ou atividade. Entretanto, esses prazos não poderão ultrapassar seis meses, entre o requerimento protocolado e o deferimento ou indeferimento. Para os projetos que exijam EIA-RIMA ou Audiência Pública, o prazo máximo é de 12 meses. Vale ressaltar que esse prazo deixa de ser contado durante as etapas de elaboração dos estudos ambientais complementares ou preparação de esclarecimentos por parte do empreendedor.

O empreendedor tem quatro meses para responder às solicitações de esclarecimentos e complementações formuladas pelo órgão ambiental competente, sob pena de ter seu processo de pedido de licença arquivado.

Todos os prazos citados poderão ser alterados, desde que justificados e com a anuência do empreendedor e do órgão ambiental competente.

As licenças expedidas têm prazo de validade limitado. Uma vez expirado o prazo, será necessária a solicitação de uma prorrogação (nos casos da LP e LI) ou de uma renovação (no caso da LO) da licença junto ao órgão ambiental competente. O artigo 18, da Resolução 237/97 Conama, define que o órgão ambiental competente estabelecerá os prazos de validade para cada tipo de licença, que devem ser especificados no respectivo documento.

É facultado ao órgão ambiental competente, a qualquer momento, mediante decisão motivada, alterar os condicionantes e as medidas de controle de adequação, suspender ou cancelar uma licença expedida, inclusive pela superveniência de riscos ambientais e de saúde considerados graves.

CONCLUSÃO

A participação dos cidadãos e das organizações da sociedade civil em defesa do meio ambiente deve ser efetiva, fiscalizadora e contributiva para as decisões do Poder Público (Administração Pública-órgãos ambientais, Ministério Público e Poder Judiciário).

Existem basicamente três mecanismos para a participação da sociedade nas questões ambientais sujeitas a licenciamento ambiental, ou seja, através da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), que inclui os procedimentos que vão desde os estudos de impacto até a audiência pública; através dos órgãos colegiados, como o Conama e outros conselhos estaduais e municipais da mesma natureza; e através dos meios judiciais de proteção ambiental, fundados no princípio democrático do Direito Ambiental, em especial a Ação Civil Pública (art.129 CF) e a Ação Popular (art.5º, CF), que permitem a proteção do meio ambiente como de interesse difuso.

É por essa razão, que o EIA/RIMA e todo o processo de licenciamento ambiental devem ser apresentados e realizados de forma objetiva e adequada à sua compreensão, para permitir aos agentes da comunidade envolvida a perfeita compreensão das vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as conseqüências sócio-ambientais de sua implementação.

O processo de licenciamento, portanto, deve atender a necessidade de todos os membros da coletividade, titulares do direito constitucional a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, sob pena de, em caso de irregularidades, os infratores serem submetidos a diversas sanções nas esferas civil, penal e administrativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** (2002) 1ª ed.

ANTUNES, P. de B. (2001). **Direito Ambiental.** 5ª ed. Editora Lúmen Juris.

CUSTÓDIO, H. B. (2005). **Direito Ambiental e Questões Jurídicas Relevantes.** Série Verde Editora Millennium.

MACHADO, P. A. L. (1992). **Direito Ambiental Brasileiro.** 5ª ed. Malheiros.

CUSTÓDIO, H. B. (2005). **Direito Ambiental e Questões Jurídicas Relevantes.** Série Verde Editora Millennium..

IMPRESSUM

HIDRORED es una revista internacional para la Divulgación de información sobre técnicas y Experiencias en microhidroenergías. HIDRORED es publicada dos veces al año por el programa de Energías, Infraestructuras y Servicios Básicos de Soluciones Practicas-ITDG Perú.

COMITÉ EDITORIAL

Ing. Carlos BONIFETTI DIETER (Chile)
cbonifetti@entelchile.net
cebondiet@yahoo.es

Ing. Walter CANEDO ESPINOZA (Bolivia)
walter@ciner.org wcanedo2000@yahoo.com

Ing. Enrique VELO (Universidad Politécnica de Catalunya-España)
enrique.velo@upc.edu

Ing. Orlando A. AUDISIO (Univ. Nac. del Comahue - Neuquén - Argentina)
oaudisio@uncoma.edu.ar

Ing. Ariel R. MARCHEGIANI (Univ. Nac. del Comahue - Neuquén - Argentina)
marchegi@uncoma.edu.ar

Ing. Javier COELLO (Soluciones Prácticas-ITDG-Perú)
jcoello@itdg.org.pe
hidrored@infodes.org.pe

El Comité Editorial NO SE RESPONSABILIZA por el contenido de los artículos

EDITORES

Programa de Energías, Infraestructuras y Servicios Básicos de Soluciones Practicas-ITDG Perú.
Av. Jorge Chavez N° 275 - Lima 18 - PERU
TE: (511)-447-5127 / 447-7324 / 444-7055 FAX: (511)-446-6621
energia@itdg.org.pe
www.solucionespracticas.org.pe

COORDINACION Y PRODUCCION

Ing. Orlando Anibal AUDISIO
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Fac. de Ingeniería
Dpto. de Mecánica Aplicada
Lab. de Máquinas Hidráulicas (LA.M.HI.)
Calle Buenos Aires 1400
(Q8300BCX) NEUQUEN ARGENTINA
TE: 54-299-4490 300 Int. 404
FAX:54-299-4422 836

IMPRESION: IMPRESOS IMAGEN GRAFICA
Soldado Desconocido 460 - Telfax: 0299 4489272 - Neuquén
DIAGRAMACION y DISEÑO: ARQ. GUSTAVO WOCY DIEZ
gustavowd@gmail.com



Soluciones Prácticas - ITDG es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de poblaciones de menores recursos mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

En el mundo, Soluciones Practicas - ITDG tiene oficinas en ocho países de África, Asia, Europa y América Latina.

En el Perú, trabaja través de sus programas de Energías, Infraestructuras y Servicios Básicos; Sistemas de producción y Acceso a Mercados; Prevención de Desastres y Nuevas Tecnologías.



25^o
Aniversario
EPEN

ENTE PROVINCIAL DE ENERGIA DE NEUQUEN

La Rioja 385 - (CP 8300) - NEUQUEN - ARGENTINA