

# HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

ISSN 0935 - 0578

1/2002

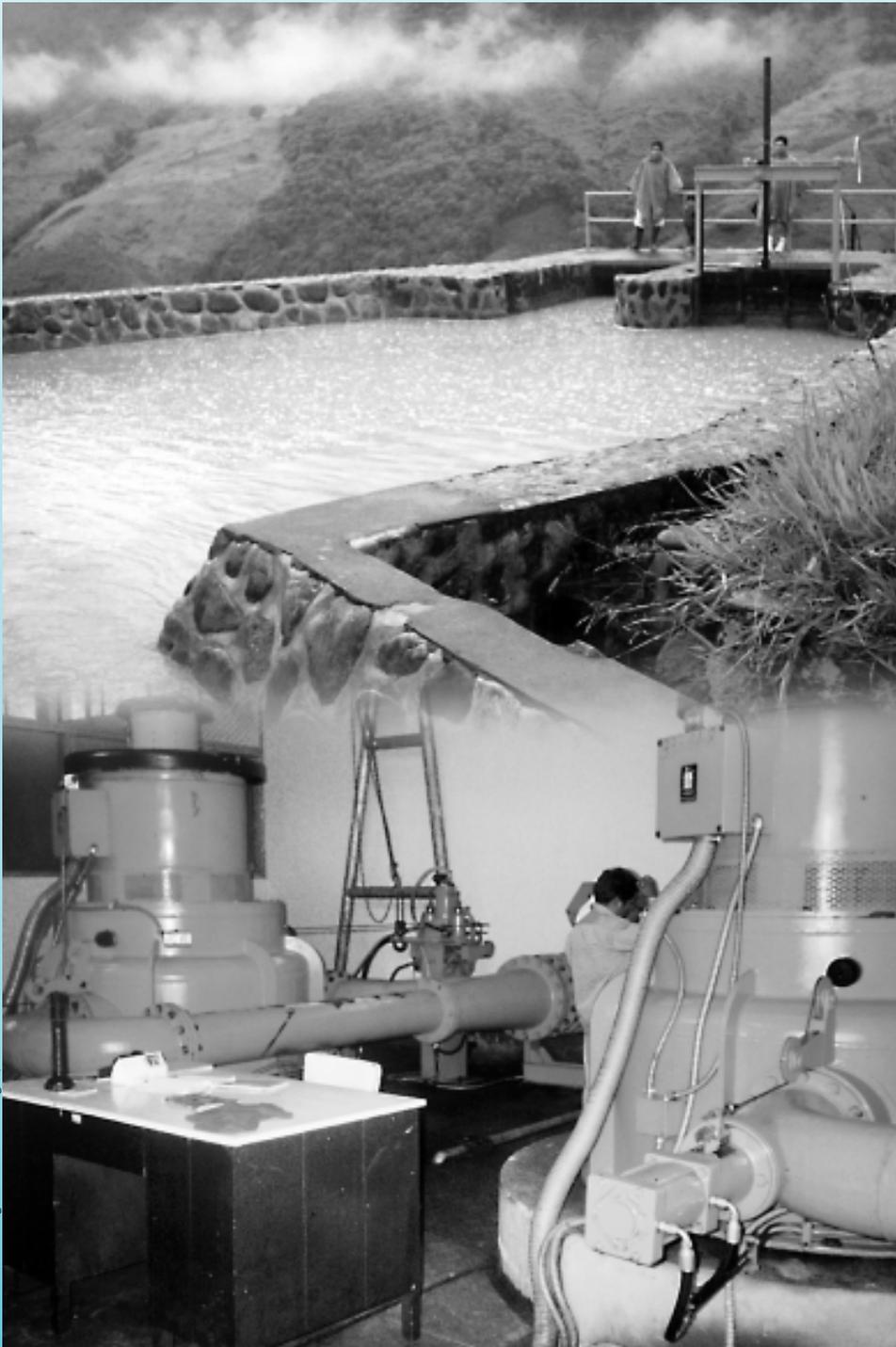


Foto Archivo Programa de Energía, ITDG.

## **Estimados lectores:**

*Nuestra presente edición aborda un tema muy actual: la promoción de la microhidroenergía y de otros tipos de energía renovable, presentando una propuesta alternativa, puesta en práctica a través de un sistema de certificación negociable. La forma en que ésta se realiza, sus principales ventajas y otros aspectos son expuestos en este interesante artículo.*

*Igualmente interesante resulta el caso de la MCH "El Chenke", ubicada en la Patagonia Chilena, cuyo modelo de gestión, principales aspectos técnicos y sociales, así como la especificación de equipos y costos de inversión, se detallan en un artículo del ingeniero Carlos Bonifetti.*

*Después del éxito del IX ELPAH, consideramos conveniente publicar una ponencia relacionada con el impacto ambiental de pequeñas obras hidráulicas, en el que se destaca -desde un punto de vista muy particular- la necesidad de desarrollar este tipo de estudio en todos los proyectos de aprovechamiento hidroenergético, así se trate de proyectos muy pequeños.*

*En este número le hacemos llegar la invitación para participar en el X ELPAH, que se realizará en las hermosas tierras del Brasil, el próximo año y que congrega a numerosos especialistas en el tema de hidroenergía en Latinoamérica.*

*Nos despedimos hasta nuestra próxima edición, esperando seguir contando con sus contribuciones y gentil preferencia.*

*El Comité Editorial*



# Impacto ambiental de pequeñas obras hidráulicas

Raúl Antonio Lopardo

## Introducción

Más del cincuenta por ciento de los puentes que han fallado en los estados Unidos de Norteamérica han tenido como causa principal un defecto hidráulico. Luego, la suma de roturas de puentes producidas por terremotos, tifones, errores de cálculo estructural, malas fundaciones, accidentes y terrorismo no alcanza a igualar el número de aquellos que han cedido por su mala concepción como "obra hidráulica".

Por otra parte entre 1935 y 1985 se han producido 173 fallas de presas de gran altura en el mundo, es decir a razón de 3,5 fallas de presas por año. En ese período 80 presas (46% del total) fallaron por sobrepeso, es decir defecto del aliviadero de crecidas.

Los accidentes de grandes obras hidráulicas plantean graves consecuencias sociales tales como fuertes pérdidas de vidas humanas, desastres económicos de gran magnitud y alteraciones dramáticas irreversibles del medio natural.

Al margen de la seguridad de las obras hidráulicas existen numerosas estructuras que no corren ningún peligro pero que presentan errores de diseño que impiden que cumplan las funciones para la que los proyectistas las imaginaron. El hecho de no incluir al ambiente como elemento decisivo en la concepción de las obras, ha llevado a numerosas de ellas a transformarse en elementos negativos para la sociedad que las ha financiado. Sin embargo, se debe resaltar que las opiniones negativas de grupos ecologistas han sido desmentidas por el adecuado funcionamiento de las otras presas en varios casos.

Si bien las grandes presas están bajo la mirada de numerosas asociaciones, las obras de menor porte que conforman los pequeños aprovechamientos hidráulicos pueden tener también efectos destructivos singulares sobre la vida y los bienes de quienes habitan la región en la que construyen.

Existen ejemplos de fallas de estructuras hidráulicas menores que tuvieron como resultado la eliminación de las más importantes fuentes de trabajo en la región de déficit hídrico, el deterioro económico de la población local, la disminución de actividades de industria regional y la progresiva y dramática emigración de pobladores. No existe mayor impacto negativo sobre el ambiente de una obra hidráulica que su propia destrucción.

En Argentina, desde el desastre del Zanjón Frías en 1937 no hubo destrucción

de presas de gran altura (más de quince metros) por destacar. Sin embargo, en Julio de 2000 se produjo la rotura de una presa en Anillaco, provincia de La Rioja, construida diez años antes para uso industrial y riego y en octubre de 1999 se produjo la rotura de otra presa construida con propósitos similares en Fiambalá, provincia de Catamarca, Argentina.

## La interacción entre hidráulica y ambiente

Desde hace más de treinta años se viene produciendo una toma de conciencia a nivel mundial referida a la necesidad de resguardar al planeta de la creciente degradación ambiental. Tal actitud ha comenzado a tener efecto en los países pioneros en la materia, tendiendo a revisar conductas pasadas y a iniciar estudios sistemáticos de todos los proyectos de desarrollo.

Quizás, la característica más saliente de estos estudios es que requieren una interrelación fluida de especialistas de variadas disciplinas, a priori, de difícil compatibilidad. Es por ello que se habla de "grupos transdisciplinarios", que implican mucho más que la acción individual de personas que ponen en juego los conocimientos de su especialidad independientemente del resto.

En efecto, se trata de que, en base a un objetivo común, cada profesional realice su aporte, procurando comprender y compatibilizar las posiciones de todos. En consecuencia puede afirmarse que los estudios ambientales han producido una revolución en lo que respecta a la integración disciplinaria, vinculándose estrechamente las ciencias exactas con las naturales y las humanísticas.

Existe una muy fuerte interconexión entre agua y ambiente, por una parte, y agua y desarrollo, por otra, ambas de características totalmente opuestas. Por lo tanto, el uso del agua para el desarrollo puede entrar en conflicto con la preservación del ambiente. La protección de la vida humana y no sólo el mejoramiento sino el mantenimiento de su nivel de vida necesita de obras de ingeniería que, como es sabido, pueden perturbar el entramado natural, altamente sensible. La humanidad se encuentra entonces ante una encrucijada, pues el crecimiento de la población exige más construcciones para habitar, comer y beber, pero al mismo tiempo no tolera que

esas construcciones degraden el ambiente aún más.

El medio ambiente social necesita para su desarrollo un determinado ámbito, que se va estructurando a partir de los proyectos de inversión. Estos emprendimientos son destinados a mejorar la vida de la raza humana, lo que en definitiva se traduce en un crecimiento de la calidad del medio ambiente social. Muchas obras en el mundo fueron realizadas con este propósito, pero en general no se tuvo la precaución de evitar que se degradara el medio ambiente natural y, en algunas oportunidades, también el propio medio ambiente social. Esto demuestra cuán importantes y delicadas son las interrelaciones de los medios aludidos.

Las alternativas para el futuro en esos aspectos podrían ser las siguientes:

- a) Anular todo proyecto de inversión, dejando que la naturaleza se edifique sin injerencia humana.
- b) Llevar a cabo toda obra que se presente, independientemente del daño que se le pueda hacer al medio ambiente natural.
- c) Procurar el desarrollo de las regiones mediante obras de infraestructura, teniendo el debido cuidado de minimizar los impactos que se generen, proyectando medidas de control y de mitigación de las posibles interferencias a verificarse.

Una rápida inspección de las alternativas enunciadas conduce a la conclusión de que la primera es inviable. El hombre no puede prescindir de los emprendimientos por razones económicas, de estándar de vida, etc.; la segunda tampoco puede permitirse por razones filosóficas, además de que, en última instancia, adoptando un criterio muy pragmático, ello acarrea retornos para el propio hombre; luego, la tercera variante asoma como la única posible solución a posiciones extremas. Se comprende entonces la necesidad de compatibilizar desarrollo con ambiente. A ellos es que se dirige el intento del denominado "desarrollo sostenible".

El desarrollo sostenible tiene como premisa fundamental concretar proyectos de inversión y la conservación del ambiente. Si de proyectos se trata, la ingeniería tiene una tarea insoslayable e intransferible como artífice de los mismos en sus aspectos técnicos. Tiene además un rol protagónico en los estudios de impacto ambiental, en particular la rama hidráulica, ya que se ocupa en general de los fluidos y en especial del agua, medio que



continuamente acoge obras de infraestructura. Sin embargo, se introducen ajustes a esa función original.

- a) En primer lugar, la decisión sobre si un proyecto es viable o no deberá contemplar aspectos ambientales. De esa forma, deberán asignarse costos a los impactos, deberán cuantificarse las medidas de control y mitigación y, en función de ello, se alternará el balance costo-beneficios. Así, la decisión en cuestión no sólo es un problema económico-financiero.
- b) Como se deberán cuantificar los costos de los impactos, se deberán evaluar en primer término los alcances de los mismos, tarea para la cual la ingeniería puede emplear técnicas de predicción que habitualmente maneja.

Aquí se centra un aspecto muy importante del aporte de la ingeniería: los estudios que llevan a cabo biólogos, químicos u otras disciplinas, de imperiosa necesidad y trascendencia como base para análisis futuros, consisten en la mayoría de los casos en relevar en un día determinado, en una zona específica, ciertos parámetros de interés, sin una vinculación a la dinámica del problema que se está estudiando.

Siguiendo con el precepto de la visión holística necesaria para caracterizar el ambiente, el recurso agua debe ser analizado como un sistema global que contienen numerosos elementos relacionados entre sí y con el resto del ambiente. Esto hace inexorablemente necesaria el complementar el trabajo de los ingenieros con los especialistas de otras numerosas disciplinas.

### **El contradictorio caso de la presa Asuán**

El proyecto de la gran presa de Asuán, finalizado en 1964 en su primera fase, fue condenado por los medios de comunicación populares y las publicaciones de carácter semi-científico, alegando muchas razones, tales como la pérdida de pesca en el Mediterráneo,

Debe destacarse que hubo una destacada planificación de rescate histórico y cultural, con el aporte de la comunidad internacional, especialmente de UNESCO.

Al inundarse el valle de Abu Simbel, fue necesario trasladar piedra por piedra los dos inmensos templos rupestres de Ramsés II. Sin embargo, quedaron abiertas las críticas ecológicas antes señaladas.

Tras aproximadamente treinta años de funcionamiento de la obra, resulta posible hacer una evaluación de los efectos ambientales y sociales que ella ha tenido. Según el presidente del Centro de Investigaciones Hídricas de Egipto y

reconocido investigador en la especialidad, la presa permite almacenar el doble del caudal medio anual del Nilo, es decir que el hombre hoy controla casi totalmente su régimen, por lo que salvó a Egipto de los estragos de las crecidas de 1964, 1975 y 1988 (que hubieran producido muertes y calamidades sin su presencia) y de los efectos posiblemente catastróficos de nueve años de sequía, a partir de 1979.

El citado experto no alcanza a imaginar como hubiera podido sobrevivir su país sin la presa, con una población de 58 millones de habitantes y elevada tasa de crecimiento. Entre los impactos positivos de la presa cita el incremento de su superficie irrigada en unas 500.000 hectáreas y la producción del 30 % de la energía eléctrica total del país.

Prestando atención a las observaciones negativas que se planteaban sobre la obra, el Dr. Mahmoud Abu-Zeid informa que mediante adecuados sistemas de drenaje sobre casi dos millones de hectáreas se ha disminuido la salinización prevista y la productividad de la agricultura ha mejorado en al menos 15%, a pesar de la retención de limos. El citado investigador destaca que la pesca en el Mediterráneo oriental efectivamente decayó de 22.600 toneladas en 1966 a 10.300 toneladas en 1972, con la influencia de la presa. Sin embargo, para 1993 la suma de pesca en el embalse más el este del Mediterráneo casi duplica la cifra previa a la construcción de Asuán. Los análisis previos estimaban que en 25 años debían alcanzarse descensos del orden de 3 metros en el lecho del Nilo aguas abajo de la obra, pero las mediciones actuales indican que es inferior a 25 centímetros.

Es interesante destacar que la tasa de esquistomiasis ha venido disminuyendo en la zona, pasando del 48% en 1955 (sin obra) al 10% en la actualidad. El Dr. Abu-Zeid estima que posiblemente se limitará al 5% en el año 2000.

El impacto negativo efectivamente comprobado ha sido la erosión costera del Delta del Nilo, que comenzó en 1988. La presencia de la presa de Asuán ha roto el equilibrio sedimentológico y el mar Mediterráneo entonces ha avanzado sobre el Delta, a un promedio de 2,5 metros por año, haciendo desaparecer terrenos sumamente aptos para la agricultura y ganadería. Es evidente que el actual "Plan general de Protección Costera" cuya finalidad es adoptar las medidas adecuadas para evitar o minimizar este impacto negativo, debió haber sido previsto con suficiente anterioridad. A pesar de este último aspecto, los aportes de Asuán al desarrollo general de Egipto merecen, según este artículo de UNESCO, una mayor consideración de la opinión internacional.

### **Escalas de los análisis ambientales**

Como es conocido, las presas de Salto Grande, Piedra del Aguila, Yacyretá o Corpus son proyectos de inversión de gran envergadura. En general, para materializar obras de semejante nivel se hace necesario contar con financiamiento externo, que proviene de los grandes bancos con fines de fomento, en particular del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo.

Para el acceso a dichos préstamos, desde hace ya varios años se comenzaron a exigir estudios de impacto ambiental. Este requisito ligó, inevitablemente, las evaluaciones ambientales a los macroemprendimientos, mientras que las construcciones menores quedaron relegadas en el tema.

Es por ello que la "atención ambiental" se centrara, en primera instancia, en las grandes presas (muy atacadas por ciertos grupos ecologistas). Cabe mencionar aquí que en la Argentina, desde Salto Grande se efectúan evaluaciones de posibles impactos de los embalses: esos estudios pueden ser incompletos, erróneos o directamente ignorados, pero son ejemplos concretos de intentos por mitigar la degradación que sin duda algunas obras de tamaño magnitud generan.

Otras obras de interacción agua-estructura, como la conexión vial Rosario-Victoria a través del valle de inundación del río Paraná, también tuvieron que sortear el análisis transdisciplinario en el que se analizaron numerosos efectos sobre la morfología fluvial.

En líneas generales nadie pone en duda, en la actualidad, la necesidad de estudios de impacto ambiental para el caso de obras de gran envergadura. Tal como se detalló, la concentración de la consideración general por parte de estas construcciones motiva que queden sin ningún análisis ciertos proyectos más modestos, que pueden derivar en degradaciones tanto o más severas que las obras monumentales. Es posible escribir una larga lista de emprendimientos de menor cuantía que no recibieron ni una mínima consideración ambiental. Puede procurarse alguna explicación: no tienen contenido político, no parecen afectar el paisaje ni la geografía.

Para salvar las inundaciones en la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán fundada en 1794 debidas a las crecientes del Río Blanco o Zenta, se desvió su principal afluente (el Río Iruya) a pico y pala en el verano de 1865, vertiendo sus aguas a la vecina cuenca del Río Pescado. Las fuerzas erosivas del río eliminaron progresivamente el enorme desnivel que había entre ambos cauces, de más de 100 metros, transportando volúmenes inconmesurables de sedimentos en suspensión, que aportaron al cuenca del Bermejo. Aún hoy



se observa una progresiva elevación del nivel del cauce del río Pescado en su desembocadura al Bermejo y que la mayor descarga sedimentaria de ese curso tiene como fuente la cuenca del río Iruya. Si bien se ha demostrado que gran parte de la responsabilidad de producción de sedimentos en la alta cuenca del Iruya responde a razones naturales, la acción descontrolada que dio lugar a una pequeña causa aceleró notoriamente el tremendo efecto resultante. Naturalmente se comprende que en su tiempo nadie hubiera analizado el posible impacto de tal acción sobre el ambiente, que llega hasta el actual dragado de la ruta de navegación en el río de La Plata, pero es fuertemente posible que tampoco hubiera sido tenida hoy en cuenta si razones políticas o económicas muy fuertes la exigieran.

Otro tanto puede argumentarse respecto de la zanja que abriera a pala un vecino del Delta para atravesar con canoa una isla y que hoy (llevando su nombre: Zanja Mercadal) es ruta de navegación de los grandes buques que remontan el Paraná de las Palmas hacia la destilería de Campana. En ese caso no puede decirse que el impacto fuese negativo, sino simplemente desmesurado respecto de la causa. Por ello, toda acción de aprovechamiento en regiones de baja pendiente deber ser muy cuidadosamente analizada.

Es importante destacar que, a pesar de que la sociedad no alcanza a apreciar, muchas obras viales (especialmente en zonas de llanura y valles de inundación) presentan impactos ambientales sensiblemente mayores que obras de aprovechamiento hídrico, muchas veces injustamente rechazadas u objetadas.

### Los problemas de los pequeños aprovechamientos

Las obras menores (pequeños aprovechamientos, presas de derivación, canales, protección de márgenes, alcantarillados, etc...) tienen también efectos destructivos singulares sobre la vida y los bienes de quienes habitan la región en la que se encuentran.

A modo de ejemplo, se puede considerar la caída de la presa La Puntilla, una pequeña estructura de contención localizada en las proximidades de la localidad de Copacabana, en la provincia de Catamarca, vecina a la riojana ciudad de Tinogasta, destinada a derivar agua para riego de una pequeña región dedicada a vid y membrillo.

La desaparición de la obra hidráulica por efecto de una subestimación de la crecida de diseño y una sobreestimación de la resistencia a la erosión del lecho aguas abajo, trajo aparejada la eliminación de la más importante fuente de trabajo en la zona, haciendo imposible el riego por

gravedad y, por ende, la posibilidad económica de los cultivos. Este efecto económico a su vez resultó asociado a un obvio deterioro económico de la población local, una fuerte disminución de actividades industriales (elaboración de vino casero y dulces regionales) y la consecuente emigración de pobladores. En un tiempo notablemente breve, el número de habitantes en edad productiva descendió de forma realmente alarmante, dando el aspecto de un caserío fantasma.

Como se señalara previamente un impacto decisivo de un pequeño aprovechamiento es su destrucción, pero hay otros impactos también relevantes que en general no se tienen en cuenta y producen severos problemas. En realidad, las obras pequeñas y otras acciones de alteración hidráulica se desarrollan prácticamente sin evaluación ni control ambiental, se proyectan con "expertos locales", se construyen por "empresas no idóneas" y tienen relativa inspección y casi nulo mantenimiento.

Como ejemplo de acción antropológica negativa es posible mencionar el efecto de la toma de agua de un río inestable para cualquier tipo de aprovechamiento (generación energética, riego, suministro de agua potable). Es obvio que el proyectista trata de ubicar la obra de modo tal de que capte el caudal necesario de agua sin que ello modifique las condiciones de escurrimiento del curso y la localiza en un sitio "estable" donde el río no tenga alteraciones tales que pueda dejarla en seco o condenarla a destrucción por erosión de la margen. Las precauciones mencionadas quedan fuertemente lesionadas cuando el río está en una etapa de cambios profundos, como el ya mencionado río Pescado, afluente del Bermejo, en la provincia de Salta. La obra de toma diseñada por los Ings. Michaud en la década del cincuenta en la margen derecha, cuya misión esencial es el riego de una extensión de más de 25.000 hectáreas de importantes plantaciones de caña de azúcar del ingenio El Tabacal, requirió durante muchos años la acción del hombre para evitar que en época de aguas bajas el río se apartara de esa margen.

Sin embargo, en caso de crecidas importantes, esa tendencia del río podía ser fatal atacando los terrenos colindantes o erosionando la margen, cuya resistencia a la acción del flujo es despreciable. Por ello, se planificaron obras de defensa de margen, consistentes en una especie de protección lineal de margen ("espaldero") de la que se desprendían tres espigones inclinados en dirección descendente, con longitud diferente construidos con troncos y piedra (en "pata de gallo") que desviaban el flujo hacia el centro del cauce sin cortar la corriente que circulaba en aguas bajas frente a la zona de toma.

Durante el mes de marzo de 1980, en oportunidad de un evento climático que generó grandes crecidas en la mayoría de los ríos afluentes por margen derecha del Bermejo en su Alta Cuenca (Iruya-Pescado, Blanco-Zenta y San Francisco) se produjo un fenómeno de erosión severa en correspondencia con la margen izquierda del río Pescado en el tramo ubicado aguas arriba de la ruta nacional N° 50, que motivó la expansión lateral del cauce de inundación del río Pescado y la pérdida de tierras útiles para diversas actividades agrícolas, en especial para la producción de bananas. Al haberse desviado las aguas del Iruya al Pescado a fines del siglo pasado se ha conformado un nuevo río con más del doble de cuenca y una producción excepcional de sedimentos, de modo que el tramo se encuentra en permanente evolución. Dentro de una escala de tiempos de orden geológico, poco más de cien años (como se tiene en este caso), se trata de un periodo inusualmente breve.

La presencia de una obstrucción en un cauce activo lateral y la protección de una de las márgenes de un cauce que progresivamente va aumentando la dificultad de escurrir por su parte central, ya que la va llenando de material de arrastre y creciendo en su nivel relativo a lo largo del tiempo, presenta al flujo la inevitable necesidad de recostarse sobre la margen opuesta. Debe tenerse presente que la destrucción de las márgenes (de material fácilmente degradable) requiere mejor esfuerzo de la corriente en el arrastre de las piedras que alcanzaron la zona y allí se estacionaron debido que el flujo carecía de la necesaria energía para su transporte. Es evidente que el efecto de la crecida con la acción de los espigones ha cambiado la fisiografía del lugar, pues el cauce activo de la margen derecha ha disminuido su potencia y siendo así que el cauce de inundación se ha desplazado hacia la margen izquierda, invadiendo terrenos que estaban fuera del área alcanzable por las grandes crecidas, formando un brazo activo en correspondencia con esa margen. Este nuevo cauce activo originó que una parte de los terrenos en la margen izquierda (utilizables económicamente antes del evento) formara parte del cauce de inundación del río, con lecho de piedra.

### Conclusiones

Las obras de infraestructura son indispensables no sólo para el desarrollo sino para el mantenimiento de la calidad de vida del ser humano, por lo que no es coherente negarse a materializarlas, sino que es necesario hacer el máximo esfuerzo para que los aspectos adversos sean, en lo posible, eliminados o disminuidos a grados aceptables y así evitar deformaciones



significativas para el ambiente. El desarrollo sostenible es la aparente solución a las controversias que contraponen los proyectos de inversión con la conservación del ambiente.

A fin de llevar adelante el desarrollo sostenible son necesarios los estudios de riesgo ambiental. Para ello no basta con la prédica (que ha demostrado ser exitosa en los años precedentes para la toma general de conciencia) sino que ahora es menester aplicar los estudios indispensables para cuantificar efectos, comparar alternativas y definir soluciones sobre bases concretas y no estimativas. La labor de la ingeniería en esos estudios es la inherente al proyecto de las obras a las que se agrega la de predecir los posibles impactos ambientales mediante modelos matemáticos y/o físicos. La atención de los estudios y las críticas de ciertos grupos ecologistas están orientadas hacia las grandes obras, en especial, las presas multipropósito.

Ejemplos de degradaciones ambientales sumamente serias ocasionadas por obras de aparente menor importancia sugieren también extender a ellas el necesario estudio de impacto ambiental. Tanto para obras hidráulicas importantes como para los pequeños aprovechamientos hay que estimular los estudios cuantitativos serios y responsables acerca de la incidencia sobre el ambiente y apuntalar de ese modo, con cálculos concretos, el discurso sobre la temática ambiental.

Pero mucho más importante que efectuar una "evaluación de impacto ambiental" de una obra generalmente ya decidida por otros factores (y es casi imprescindible que resulte positiva) es que el diseño de los aprovechamientos hidroeléctricos en general y los pequeños en particular, sea efectuado por ingenieros con concepto

ambiental, con visión holística del tema, con una adecuada formación disciplinaria.

Ante los dramáticos cambios que se producen en los campos económico y social en todo el mundo, resulta necesario introducir alteraciones conceptuales en la formación de los ingenieros hidráulicos, incorporando desde el inicio los factores ambientales como elementos indispensables a tener en cuenta en cada obra de infraestructura propuesta para el desarrollo social.

En tal sentido, es necesario introducir los temas ambientales a lo largo de los tópicos existentes en todas las materias de la currícula, instruyendo a los profesores a través de un equipo de "formación de formadores", venciendo las resistencias del caso. El concepto ambiental debe estar presente en todos los pasos de la formulación de un proyecto de ingeniería, como un requisito más, por lo que los estudiantes deben incorporar esta visión a lo largo de su formación de grado.

#### Referencias bibliográficas

- \* Abu-Zeid, M. "Una evaluación de la presa de Asuán", Todos, Cuadernos de Educación Ambiental, UNESCO, N° 4, pág. 6, 1993.
- \* Anónimo. "Obras de riego en el río Pescado, Orán, Provincia de Salta", Boletín del Cemento Portland, Buenos Aires, Año VI, N° 26, pág. 2-3, 1972.
- \* Comité Argentino de Presas. "Presa en Anillaco: segunda presa rota en menos de un año", Boletín Electrónico del CAP, Cipolletti, Argentina, 2000.
- \* Konzewitsch, N. "Cantos rodados y material en suspensión de los ríos Bermejo, Pescado e Iruya", Agua y Energía Eléctrica, 1958.

- \* Hjorth, P., Kobus, H., Nachtnebel, H.P., Nottage, A. y Robarts, R. "Relating hydraulics and ecological processes", Journal of Hydraulic Research, Vol. 29, extra issue, pág. 8-19, 1991.
- \* Lopardo, R.A. y Bombardelli, F.A. "Sobre la influencia del concepto ambiental en el diseño hidráulico", Memorias del XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, Santiago, Chile, Volumen 2, pág. 535-546, 1995.
- \* Lopardo, R.A. y Bombardelli, F.A. "On the interdisciplinary formation for the water-environment engineering", The Learning Society and the Water Environment, UNESCO, París, pág. 158-162, 1999.
- \* Lopardo, R.A. y Brea, J.D. "Natural and anthropic impacts of a basin in the Andes", en "New trends in water and environmental engineering for safety and life: eco-compatible solutions for aquatic environments", editado por Ugo Maione, Beatrice Majone Lehto y Rosella Monti, Editorial Balkema, Rotterdam, Brookfield, pág. 124, 2000.
- \* Malinow, G.V. "La seguridad de presas existentes durante crecidas extraordinarias", D.C., Ministerio de Defensa, Dirección Nacional de Defensa Civil, Año I, N° 1, 1991.
- \* Murillo, J.A. "The scourge of scour", Civil Engineering, ASCE, New York, pág. 66-68, 1987.

Mayores informes: Raúl Antonio Lopardo  
Gerente de Programas y Proyectos del  
Instituto Nacional del Agua y del  
Ambiente  
C.C. 46 (1802) Aeropuerto Ezeiza,  
Argentina  
E-mail: rlopardo@ina.gob.ar

## Microcentral Hidroeléctrica en Patagonia

Carlos E. Bonifettí Dietert

### Introducción

El presente artículo servirá para hacer una descripción de la microcentral hidroeléctrica "El Chenke", instalada en la Estancia Río Cisnes en 1999. En el mismo también se resaltarán los aspectos más importantes, el esquema de gestión utilizado en el proyecto y construcción, así como aspectos técnicos, sociales, de especificación de los equipos de la MCH y de los costos de la inversión.

### Antecedentes históricos

La Estancia Río Cisnes está ubicada en la

Patagonia Chilena, en la Región de Aysén y tiene una superficie de 133.000 hectáreas. Sus orígenes se remontan al año 1924 con el establecimiento ganadero fundado por la Sociedad Ganadera Cisnes, empresa hoy extinguida.

Contó con energía hidráulica en la década de los treinta la que era utilizada para accionar un banco de aserrío con una sierra circular movida por una gran rueda hidráulica construida con madera y acero, actualmente en ruinas. El agua necesaria provenía de dos fuentes que eran los arroyos Administración y Barbas de Cuero. En cada arroyo había una bocatoma para llevar el agua por canales excavados en la

tierra hacia un punto de confluencia para continuar en una canaletta de madera, la que finalmente entregaba el agua a la rueda hidráulica.

También existió una microcentral hidroeléctrica, la que estaba constituida por una turbina Francis de pozo y un generador de corriente continua. El «pozo», conformado por un estanque vertical de hormigón armado de unos cinco metros de altura y unos tres metros cuadrados de área basal, usado para dar la altura de caída de agua para la turbina, aún hoy está en pie, El estanque era alimentado por una derivación de la canaletta de madera.



El aserradero trabajaba con trozas provenientes de los bosques de fagáceas cercanos produciendo madera dimensionada para la construcción de las casas y edificaciones de la Estancia. La minicentral producía electricidad para el alumbrado de las casas. Según información proporcionada por antiguos vecinos, la minicentral funcionó hasta comienzos de la década de los setenta. Luego de lo cual fue abandonada, quedando de ella en la actualidad sólo ruinas.

### Prospección y anteproyecto

La Administración de la Estancia venía efectuando mediciones periódicas del caudal de sus arroyos desde dos años antes a la decisión de realizar un estudio de factibilidad para una nueva microcentral, la misma que se incorporaría a un proyecto de doble propósito: riego y energía. Los registros indicaban que había agua suficiente para las necesidades de energía eléctrica actuales y para el crecimiento de la demanda.

Es así como, después de efectuar contacto con la empresa MTF Ltda., la gerencia de la Estancia le encomendó la realización del estudio de factibilidad. Los levantamientos de campo se desarrollaron durante los días 14 y 15 de Marzo de 1998. El estudio arrojó resultados positivos, seleccionándose un sitio muy adecuado, con una altura bruta de caída de 48 metros, ubicado a unos 800 metros aguas arriba de la antigua turbina y rueda hidráulica, por el margen izquierdo del arroyo Barbas de Cuero. El acceso para la construcción de las obras civiles es fácil y expedito.

Se decidió captar el agua mediante una bocatoma en el arroyo Barbas de Cuero, y conducirla por un canal excavado en tierra de aproximadamente 8 kilómetros de longitud hasta la MCH. Este canal estaba proyectado desde hacía un tiempo para el desarrollo del plan de riego.

Con el uso adicional para la generación de energía eléctrica, el canal proyectado pasó a tener un uso de doble propósito, riego de pastizales naturales de coirón para recuperación de las praderas y energía hidráulica para generación de electricidad. El agua de descarga de la turbina se aprovecha para riego de potreros que están a una cota más baja, enviándola por un canal de tierra.

La potencia requerida, para los consumos actuales y futuros de la población, se estableció en 36 kW en hornos de generador.

### Parámetros de Diseño

Las condiciones físicas y orográficas del sitio, determinaron los siguientes parámetros de diseño para la MCH:



- Altura de caída bruta : 48 m
- Caudal mínimo (estiaje) : 80 l/s
- Caudal máximo : 170 l/s
- Longitud tubería de presión : 285 m
- Longitud red eléctrica de transmisión : 2000 m

### Esquema de gestión

A sugerencia del consultor y para lograr un costo mínimo de la inversión total y una buena calidad de obras, se descartó la modalidad de contrato tipo «Obra Vendida» o «Llave en Mano», eligiéndose la modalidad de hacer varios contratos por especialidades, gestionados por la Administración de la Estancia. Es así como se firmaron cuatro contratos, a saber:

- Proyecto de Ingeniería
- Suministro de equipos electromecánicos
- Construcción de Obras Civiles y Montaje Mecánico
- Ingeniería y Construcción de Obras Eléctricas de T y D

La construcción del canal de riego y conducción del agua hacia la cámara de carga estuvo a cargo de la Administración de la Estancia con personal propio y el apoyo de una retroexcavadora.

El esquema de gestión seleccionado permitió que el proyecto resultara exitoso. La inversión total fue de \$ 59.800.000 (en pesos chilenos de 1998), equivalentes a US\$ 127.234. El valor índice de inversión resultante fue de US\$ 3.534/kW.

### Proyecto de ingeniería

Luego de la aprobación del estudio de factibilidad se pasó a la etapa de preparación de presupuestos para el

proyecto de ingeniería y para la fabricación y suministro de los equipos electromecánicos. Una vez aprobados los presupuestos, se comenzó la preparación del Proyecto de Ingeniería Básica y de Detalles, continuándose con la fabricación local de la turbina, del estanque de carga lastre y tablero eléctrico, y la importación del regulador electrónico y alternador.

El proyecto incluyó los siguientes documentos:

### Planos

- Plano de formas desarenador/cámara de carga
- Plano de estructura de H.A. del desarenador y cámara de carga
- Plano perfil longitudinal tubería de presión, secciones y detalles
- Plano de arquitectura y construcción Casa de Máquinas
- Plano de cimentaciones y anclaje de equipos en Sala de Máquinas
- Planos de detalles constructivos y accesorios
- Plano de instalación eléctrica de fuerza, control y alumbrado de Sala de Máquinas

### Especificaciones Técnicas

- Especificación Técnica para obras civiles
- Especificación Técnica construcción Casa de Máquinas
- Especificación Técnica para montaje de equipos

### Listas de Materiales

- Lista de materiales para obras civiles
- Lista de materiales mecánicos
- Lista de materiales eléctricos

# PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

## EDITORIAL

Con cierta alegría les anunciamos que – pendiente la aprobación de un posible financiamiento continuado – ITDG y Arrakis hemos decidido continuar la revista Pequeños Molinos de Viento. Como están acostumbrados, aparecerá en forma impresa como inserto de Hidrored y también se publicará en los sitios de ITDG y Arrakis en el Internet. La redacción seguirá en manos de Arrakis y les invitamos enviarnos sus artículos, sugerencias y experiencias de campo.

Como la tecnología pequeña - sobre todo la relacionada con las aerobombas - parece haber desaparecido de los grandes foros eólicos como las Conferencias Europeas que se acaban de celebrar en París y Berlín respectivamente, consideramos abrir un espacio para la tecnología vinculado con esta revista. Nos gustaría recibir su opinión al respecto.

En esta edición les presentamos dos contribuciones de Guatemala tratando el tema de la electrificación rural. Otros dos

artículos desbordan la temática difícil de la replicación de tecnologías de aerobombeo de bajo costo, para la cual en Holanda el año pasado se creó un nuevo organismo.

Finalmente, Jan de Jongh de Arrakis estuvo de gira en Costa Rica y nos comenta algunas de sus experiencias.

Esperamos sus comentarios, y ¡bienvenidos otra vez!

*Remi Rijs  
Arrakis*

## Oportunidades y Obstáculos para la Comercialización de Aerobombas

A pesar del potencial inmenso atribuido al mercado de aerobombas de bajo costo, estimado a unas 500,000 unidades a nivel mundial (GWEP, PNUD 1988), los proyectos dirigidos a su realización han sido poco exitosos. En este artículo, una recopilación de los resultados de la Red de Aerobombeo de India (WPNU), publicados en FIRKI, se discuten las principales causas.

### El lado blando de la tecnología

Sin lugar a dudas - y por razones evidentes - las instituciones académicas que mayormente propulsaron el diseño de las aerobombas modernas, dieron más importancia a las innovaciones tecnológicas que a los aspectos «blandos» de la diseminación. Padgett (1995) distingue los siguientes aspectos:

- \* derechos intelectuales de propiedad
- \* recursos económicos
- \* capacidad de producción y mercadeo
- \* capacidad de diseño y desarrollo
- \* facilidades de prueba
- \* requisitos comerciales y de consultoría técnica
- \* control de calidad

Se observa que en las últimas dos décadas se desplegó un gran esfuerzo para desarrollar aerobombas de la segunda generación, pero la ejecución independiente de los programas principales (CWD en Holanda, 1976 - 1991 e ITDG-IT Power de Inglaterra, 1976 - ) es sintomática para la carencia de coordinación. Por consiguiente, muchos proyectos de transferencia se han llevado a cabo sin aprovechar las experiencias anteriores. Solía faltar el equilibrio entre la diseminación rápida de diseños novedosos

e inaduros (como la Gaviota colombiano) y la lenta introducción de sistemas confiables pero fechados (GRET, Mauritania), mientras en otras ocasiones se trataba de experiencias locales difíciles de replicar (Kijito en Kenia).

### Actores ausentes

Es notable que las aerobombas modernas, recién diseñadas en las universidades fueron implementadas directamente con los usuarios en el campo sin pasar por un trayecto de revisión del diseño y de los métodos de producción, de control sobre la calidad y de puesta en venta profesionalmente preparada. No es sorprendente que en el mundo académico existe poca experiencia con ello. El enfoque es otro, por lo cual en muchos casos la «transferencia» tuvo que interrumpirse debido a la falta de respuesta del mercado local, la baja calidad de los diseños y el insuficiente servicio de posventa. Mientras en los casos exitosos, no existía un cuadro de referencia que permitiera interpretar las experiencias para su replicación en otras áreas.

Las empresas de equipo de ingeniería que en el mundo industrializado se encargan de todo el rango de la preparación, seguimiento y la

comercialización de productos estaban virtualmente ausentes en el caso de las aerobombas de segunda generación y es aquí que se vislumbra una de las debilidades principales del mercado de aerobombeo - que a la vez es su fuerza. Donde un panel solar permite la venta comercial de varios componentes, una aerobomba localmente construida brinda pocos incentivos comerciales para las empresas occidentales y entonces habrá que buscar otros mecanismos para movilizar la experiencia necesaria.

### Actividades claves y su financiamiento

Son indispensables la revisión y el seguimiento profesionales de nuevos modelos de aerobombas y si no establece un mercado comercial para las empresas de ingeniería, habrá que llevarse a cabo por consultores de diseño profesionales y competentes y con financiamiento inicial ajeno.

La tabla presenta las actividades de transferencia claves dirigidas a la comercialización final, por productores locales, de diseños debidamente probados. Se observa que no hay otra forma de financiamiento en las fases primarias que los fondos de donación, considerando la ausencia de incentivos comerciales para

Actividad	Tipo de organización	Financiamiento
investigación e innovación	institutos de investigación	fondos donativos
diseño	consultores de ingeniería en conjunto con organismos de asistencia técnica	fondos donativos
pruebas de campo	consultores de ingeniería en conjunto con organismos de asistencia técnica	fondos donativos
transferencia de tecnología y componentes claves	industria local apoyado por consultores de diseño	fondos de transferencia de tecnología
mercadeo, mantenimiento y relaciones de clientes	productores locales apoyados por consultores de capacitación	inicial: fondos de apoyo; después: venta comercial de equipo

# PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

las empresas de ingeniería y la falta de recursos entre los productores locales. Pero la venta final de los sistemas debería regirse por criterios comerciales para que pueda prosperar un mercado sustentable en el país receptor.

Aún así, la selección de un productor local adecuado no es sencilla. ¿Porqué le interesaría el producto, de qué manera se beneficiaría? Según Padgett, el reto es encontrar a la persona que tenga el enfoque al mercado intencionado, con las facilidades de producción apropiadas, el acceso a componentes y materiales necesarios y una adecuada visión empresarial.

## El papel de productor local

Para garantizar la continuidad de una aerobomba en el mercado local, es necesario entender los motivos del

productor-candidato; no se encargará de la producción por gusto no mas. Para contar con un mercado suficientemente grande, para él es importante que el costo inicial del producto sea lo más bajo posible. Relacionado con ello, está la decisión de incluir o no la perforación del pozo en el servicio ofrecido al usuario. Adicionalmente se abriría una serie de oportunidades de servicio de posventa.

Pero también hay que considerar que el productor local no podrá invertir el dinero y el tiempo suficientes en el desarrollo y el marketing de los nuevos productos, así que dependerá de la asistencia técnica ofrecida dentro de un esquema de transferencia adecuado y con financiamiento externo. Por lo cual se pueden distinguir los tres objetivos específicos de un programa encaminado

hacia la transferencia exitosa de tecnología de aerobombeo:

- \* desarrollar un diseño confiable
- \* facilitar la transferencia de la tecnología
- \* facilitar la producción local del producto en cantidades atractivas en los cuales la venta del producto final debe generar los ingresos suficientes para el productor sin dependencia de los fondos de donación.

*Artículo: Remi Rijs - editor;  
fuente original: Firki Vol 2., No. 4,  
1999, Gujarat Energy Development  
Agency (GEDA), India;  
referencia: Padgett, B., Commercial  
links with developing countries,  
Proceedings BWEA/RAL Workshop  
Technology and Implementation Issues  
Relating to Renewable Energy Systems in  
Developing Countries, UK, junio 1995*

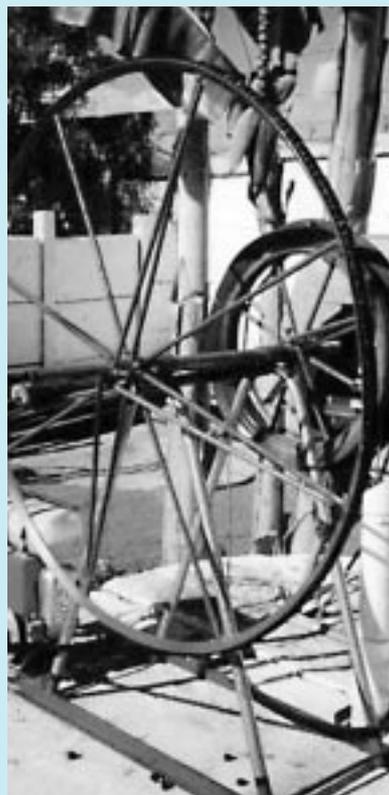
## Fundación PRACTICA - Un ensayo sobre las Tecnologías de Bombeo

Desde hace varias décadas distintas instituciones han venido trabajando en las llamadas «tecnologías apropiadas» para los países en vías de desarrollo, esto sin tener éxito sobresaliente en cuanto al uso y la disseminación en la vida diaria en el campo. Entre ellas destacan las tecnologías de bombeo de bajo costo, puesto que están dirigidas a satisfacer el acceso a agua limpia en cantidades suficientes, lo cual es una necesidad fundamental para el hombre.

No es tanto la falta de opciones tecnológicas la que impide el desarrollo, sino la dificultad de escoger la opción más apropiada y la elaboración consiguiente de un esquema de implementación que cubra los aspectos económicos, culturales y sociales localmente presentes. En la tabla se presentan varios ejemplos de tecnologías de bombeo que recientemente han tenido un importante impacto regional y que pudieran ser aprovechados en otras regiones también (así como otras opciones valiosas no mencionadas).

Sin embargo, es la estrategia de implementación que representa el gran dilema. A fin de garantizar la continuidad de una tecnología es indispensable que el mismo usuario se independice de las eventuales fuentes donantes. Es decir, que consiga incrementar sus ingresos por medio de las ventajas productivas que le brinda el equipo.

Aunque es difícil valorar el incremento del ingreso en términos absolutos, comparar entre diferentes regiones y hacer previsiones a largo plazo, se reportan flujos de entre US\$ 200,- en Nicaragua hasta US\$ 1,000,- en Kenia. Lo cual, en conjunto con



la baja inversión y los modestos costos de mantenimiento, debería constituir un incremento considerable del ingreso para una familia en el campo.

Es poco probable que las empresas de alta tecnología, ocupadas de promover bombas solares y unidades sumergible, adapten sus diseños para una sencilla reproducción en los talleres rústicos en los países en vías de desarrollo. La

tecnología sofisticada puede constituir la mejor opción posible en ciertas condiciones, pero para los pobres suele conllevar una dependencia no deseada de refacciones y asistencia técnica ajena. Tales sistemas están dirigidos a un mercado de mayor capacidad adquisitivo, así que tanto la compra del equipo como el acceso a la atención técnica del proveedor, están fuera del alcance del usuario de escasos recursos; mientras el proveedor no cuenta con las facilidades para prestar el servicio de respaldo necesario.

Una tecnología de bajo costo apropiada está asequible para los usuarios a los que se dirige y potencialmente constituye un factor de reducción de la pobreza. Asimismo, permite la producción y el mantenimiento en talleres locales y en muchos casos, induce también cambios sociales favorables. Esto lo demuestran los ejemplos mencionados, donde hay que destacar que los actores principales son regionales o locales.

Para una disseminación de mayor envergadura es indispensable la acción de los gobiernos, organismos internacionales y ONGs que debieran promover la investigación, comprobar los diseños y diseñar esquemas de disseminación.

La Fundación PRACTICA, que opera sin fines de lucro, se creó en Holanda en 2001 con el fin de promover el desarrollo y la disseminación de las tecnologías de bombeo de bajo costo. Entre sus promotores están los técnicos Gert Jan Bom y Henk Holtslag que cuentan con amplia experiencia en el tema. El Sr. Holtslag ha trabajado con CESADE en Nicaragua en el desarrollo de

# PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

la bomba de mecate y la aerobomba derivada, mientras Gert Jan Bom ha trabajado en África y la India en proyectos de bombas manuales y otros. Actualmente, tiene bajo prueba un diseño novedoso de una bomba solar térmica.

PRACTICA pretende coordinar y analizar pedidos de asistencia y propuestas concretas, discutirlos con instituciones y personas interesadas y buscar financiamiento. La fundación apoya proyectos cuyo objetivo principal es la disseminación de tecnología mediante mecanismos comerciales, y no tanto el desarrollo de la tecnología misma. En noviembre 2001, PRACTICA ganó la Competencia Internacional de Tecnologías de Riego Innovadoras,

Descripción	Promotores	Región	Costo (US\$)		Instalados
			Unitario	Equipo	
Perforación mejorada	Bautistas, Emas	Bolivia	2 - 6 por metro	90	20,000
Bomba "Treadles"	IDE	Bangladesh		20	1,300,000
Bomba "MoneyMaker"	Approtec	Kenia		38	20,000
Bomba de mecate	diversos	Centroamérica		60	50,000

organizada por el Banco Mundial, Winrock International, la Asociación de Riego e IDE.

La primera actividad de PRACTICA, prevista para el verano del 2002 y relacionada con la tecnología de perforación mejorada en Costa Rica, está pendiente de aprobación del presupuesto.

*Artículo: Remi Rijs; información y dirección: PRACTICA Foundation, Schoorweg 22, 3356 BX Papendrecht, Países Bajos; Tel.: +31(78) 641 0222; Fax +31(78)641 1121; correo electrónico solartec@worldonline*

## Yuxquén: Electrificar con el Viento

Yuxquén es una pequeña comunidad recientemente formada por hermanos que retornan a su tierra luego de la firma de la Paz en Guatemala. Está ubicada en el norte de Huehuetenango, en el Municipio de Nentón cerca de la frontera con México.

Está formada por 54 familias organizadas a través de un Comité Pro-mejoramiento que han decidido trabajar para buscar un mejor futuro. Dentro de sus necesidades prioritarias, la comunidad decidió trabajar por obtener acceso a la electricidad, puesto que las líneas más cercanas están a 14 kms. en el lado mexicano y a 35 kms. en Nentón. Como en la comunidad vecina existen dos estaciones de carga de baterías operadas con energía del viento, los mismos pobladores de Yuxquén proponían el uso del viento para tener su propia electricidad en la casa.

NRECA y ESFRA (una organización aliada) hicieron los estudios de base y se estableció que - donde el recurso solar es pobre debido a la nubosidad prevaleciente - el viento es de calidad y consistencia apropiada. Apoyado por el padre belga André Vanderjeugt, se buscaron los recursos necesarios para la realización del proyecto. La Embajada de Suiza atendió la compra de equipo y la asistencia de NRECA y el padre Vanderjeugt gestionó fondos adicionales. El mismo Ministerio de Energía y Minas proporcionó la turbina eólica que anteriormente le había sido donada por Bergey Wind Company de los Estados Unidos. Las cooperativas que forman NRECA donaron los materiales para la construcción de la red de distribución. Y la comunidad misma cubrió los costos del centro de control y la mano de obra.

Inicialmente fueron conectadas 24 familias y posteriormente se conectaron otras 25 para hacer un total de 49 usuarios que

forman la Microempresa Eléctrica de Yuxquén. Cada familia tiene instalada una lámpara de 20 vatios y un tomacorriente para su radio o televisor. El generador de 1.5 kW de capacidad es accionado por el viento. La energía eléctrica se almacena en un grupo de baterías especiales para que haya energía disponible a pesar de la variabilidad del recurso. La energía pasa por un inversor que lo convierte en voltaje alterno de 120/240 voltios. Este se eleva por medio de un transformador para su transporte desde la torre hasta el centro del pueblo, donde otro transformador lo reduce a 120 voltios y se distribuye a las viviendas.

Un comité de Energía se encarga de cobrar el servicio eléctrico, disponer de los fondos para repuestos y ejercer el control y mantenimiento del equipo. El comité fue capacitado por técnicos de NRECA y ha tenido un seguimiento estrecho por parte del padre Vanderjeugt y del equipo de campo de NRECA. Se acordó un reglamento interno entre todos los vecinos para definir las limitaciones que deben respetarse, la tarifa, los derechos y las obligaciones. Adicionalmente se ha firmado un convenio en que la comunidad se compromete a cumplir con el mantenimiento y el buen uso del proyecto.

En nombre de la Comunidad, NRECA quiere agradecer al Ministerio de Energía y Minas, al Gobierno de Suiza y muy en particular reconocer el esfuerzo incondicional del padre André Vanderjeugd, voluntario de la Iglesia Católica de Bélgica. A costa de su propia salud y seguridad, el padre ha estado impulsando proyectos de alivio para las familias guatemaltecas que retornan al país para reiniciar una nueva vida. Para dotar de energía a dichas familias, el padre André ha participado en alianza con NRECA en la realización de proyectos solares, eólicos e hidráulicos en dichas comunidades.

Gracias al esfuerzo de todos, ahora Yuxquén tiene energía y cuenta con una organización que puede luchar para afrontar contingencias, lo cual son logros de gran alcance en las luchas contra la pobreza.

*(Artículo original: Revista de Electrificación Rural, NRECA - febrero 1999 Hugo Arriaza, 15 Avenida 50-50, Zona 12, La Colina, Guatemala; Fax: 502-368 5050; correo electrónico: harriaza@intelnet.net.gt)*

## Noticias de Costa Rica

### Sitio de demostración cerca de Tejona

Cerca del parque eólico de Tejona, una zona dotada con uno de los mejores recursos del viento a nivel mundial, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) pretende abrir un sitio de demostración de pequeños sistemas de energía renovable, entre ellos paneles

### Reporta: Jan de Jongh, editor

solares, calentadores solares, una unidad microhidráulica, así como uno pequeño sistema de viento.

Posiblemente, un aerogenerador de 1 kW de capacidad se incorporará en un sistema eolo-eléctrico de bombeo, aprovechando la corriente alterna para actuar una bomba eléctrica sumergible sin intervención de un inversor o una banca de baterías. En

# PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

todo caso, la turbina debe funcionar en velocidades anuales de 11 m/s y resistir ráfagas de por lo menos 50 m/s.

Dentro del marco de un curso conjunto del ICE y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) se pretende aprovechar el sitio para la capacitación de técnicos nacionales en el manejo y el mantenimiento de sistemas de energía renovable. La inauguración del sitio de demostración está prevista para la segunda parte del 2003.

## **Aerobombas tradicionales en Guanacaste**

La ganadería extensiva ocupa importantes extensiones de terreno en la Provincia de Guanacaste, aunque en

muchos casos no se cuentan más de una cabeza por hectárea.

Como el recurso eólico es abundante, en la región del Lago Arenal la aerobomba tradicional ha sido en uso desde hace mucho tiempo. Existe un modelo indígena muy semejante a los FIASA y Aermotor, de 3 metros de diámetro, caja de transmisión, sistema eclíptico de seguridad y una torre cuadrangular de 8 metros de altura. Una unidad visitada - con cinco de las ocho tuercas que sujetan el cabezal desaparecidos - aparentemente había sido abandonada. La lámina de algunas aspas había sido doblada como resultado del exceso de viento en la región, el uso de material sumamente delgado (menos de 0.5 mm de grosor) y el diámetro insuficiente del anillo de soporte exterior.



*Jan de Jongh comprobando una aerobomba en Guanacaste.*

El dueño había colgado una bomba eléctrica en el pozo anteriormente ocupado por el molino, una situación que se observa con cierta frecuencia en muchos países. Con un diseño adecuado y cierta asistencia, el molino hubiera podido servir por muchos años más.

## **Energía Renovable en Guatemala: el Reto del Campo**

Guatemala, el país de la eterna primavera, cuenta con amplios recursos energéticos renovables. Mientras el mercado de sistemas de pequeña escala sigue siendo difícil, parece que en cuanto a los sistemas de gran escala, las cosas se están moviendo.

Según el Ministerio de Energía y Minas - MEM- Guatemala cuenta con un potencial hidroeléctrico de 5,000 MW y geotérmico de 1,000 MW, de los que hasta ahora se aprovechan únicamente el 11% y 3% respectivamente. El MEM está investigando los recursos eólicos que por las características geográficas del país no son fáciles de predecir. No obstante, está comprobado que existen sitios aptos para la construcción de granjas eólicas grandes. La biomasa es el recurso más importante de Guatemala ya que conforma la mitad del balance energético (Balance Energético Nacional, MEM, 1999).

Aun cuando la demanda de energía eléctrica cuenta con un crecimiento anual del 9% y está previsto que se doblará dentro de 12 años, las energías renovables podrían cubrir la demanda completamente. A pesar de la disponibilidad de recursos renovables la realidad es que en la última década la dependencia de Guatemala de la importación de combustibles fósiles ha aumentado. Para cambiar el rumbo el MEM ha elaborado una propuesta de ley de incentivos para energías renovables.

Básicamente, la ley concede ventajas fiscales a personas y empresas que planifican e instalan proyectos de energía renovable. De acuerdo con esta ley el MEM deberá facilitar las inversiones, crear un sistema de certificados de reducción de emisiones, impulsar estudios y propiciar datos sobre las energías renovables. La ley no propone incentivos directos para la generación de energía renovable, pero sí

facilita las inversiones en el ramo del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Actualmente esta ley está pendiente de aprobación por el Congreso de la República.

De los 13 millones de guatemaltecos un 60% vive en el área rural. Aunque el plan de electrificación rural es ambicioso, es probable que más de 230 mil viviendas nunca sean conectadas a la red eléctrica (World Development Consultants et. al., 2001) ya que se encuentran en comunidades muy lejanas, aisladas y dispersas. Estas comunidades se caracterizan por su pobreza y pobreza extrema.

El trabajo que se ha realizado hasta hoy en el ámbito del desarrollo rural a través de las energías renovables, consiste básicamente en proyectos de iluminación solar residencial, estufas mejoradas y microcentrales hidroeléctricas. Estos proyectos han sido desarrollados tanto por entidades gubernamentales como por los ONGs que trabajan mayoritariamente con fondos de la cooperación internacional. En cualquier caso, se observa que la diseminación comercial de sistemas de energía renovable resulta difícil.

Se ha visto una comercialización considerable de las planchas metálicas utilizadas en las estufas mejoradas en Guatemala; sin embargo la mayoría de las personas que cuentan con ellas, debido a su estado de pobreza las han obtenido en donación por algún proyecto de desarrollo. Asimismo, los proveedores de equipo solar fotovoltaico dependen en gran medida de los proyectos de desarrollo. Por otro lado existe un pequeño mercado de compradores individuales, el cual ha sido fuertemente afectado por la recesión económica que vive actualmente el país.

Esto nos lleva a la convicción que para

diseminar sistemas de energía renovable de pequeña escala, se necesitan canales de distribución adecuados, productos accesibles y la facilitación de servicios como el microcrédito. Actualmente se está trabajando en la creación de pequeñas empresas de servicios energéticos renovables, con un fuerte enfoque de fortalecimiento comunitario, enfoque de género y la promoción de los usos productivos de la energía.

*Norbert Bons, Carolina Palma,  
Fundación Solar, 15 Avenida 18-78 zona  
13, Ciudad de Guatemala,  
Tel.: +502 360 117*

### **Pequeños Molinos de Viento**

Es una revista co-redactada por Arrakis, Holanda y aparece como la continuación del proyecto *Small Scale Wind Energy Systems*, financiado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos (NEDA-DML/KM). Desde 1999 se publica en inglés y español. La edición en español es publicada en Perú como inserto de la revista

“HIDRORED” de ITDG-LA ([www.itdg.org.pe](http://www.itdg.org.pe)).

#### **Coordinación y redacción:**

Arrakis  
Wilhelminastraat 26,  
5141 HK Waalwijk,  
Países Bajos;  
tel.: +31(40)281 9454;  
fax: +31(40)281 9602;  
[info@arrakis.nl](mailto:info@arrakis.nl)  
[www.arrakis.nl](http://www.arrakis.nl)

*El contenido de Pequeños Molinos de Viento puede ser reproducido siempre y cuando sea citada la fuente. Para cualquier información, artículos o suscripciones, favor de contactar con la redacción.*



## Equipos electromecánicos

La memoria de cálculo, considerando los parámetros de diseño señalados, permitió seleccionar los equipos y accesorios para la MCH, según las siguientes condiciones de operación, descripciones y especificaciones :

- Altura de caída bruta : 48 m
- Caudal nominal : 140 l/s
- Altura de caída neta : 46 m
- Potencia de generación en bornes : 36 kW

## Turbina

La turbina es de flujo transversal, tipo Michell-Banki, MTF modelo SKAT T-13, de rendimiento máximo 73%, con válvula de diseño hidrodinámica incorporada en la tobera, para ajustar manual y periódicamente el caudal de acuerdo a la disponibilidad de agua y a la demanda de energía. Está protegida contra la corrosión mediante un esquema epóxico.

La turbina se complementa con los siguientes accesorios:

- Bastidor/base estructural, de perfiles canal de acero laminado para el montaje de la turbina y el generador
- Juego de poleas de acero y correa plana de alta eficiencia para la transmisión de energía entre turbina y generador, con protección cubre correas de seguridad
- Pieza de empalme circular/rectangular y válvula de mariposa 12" con bridas y mecanismo de accionamiento tornillo sin fin/corona

## Generador

El generador es un alternador sincrónico STAMFORD-Newage, trifásico de 4 polos, autoexcitado y autoregulado, sin escobillas. Tiene incorporado un regulador de voltaje (AVR) electrónico de estado sólido. Potencia: 45KVA / 380 V / 3 fases / 50 Hz / 1.500 RPM/cos fi 0,8.

## Regulador electrónico

Para la regulación de carga y mantenimiento de la frecuencia se instaló un regulador electrónico trifásico, 380V, 50Hz, «T.H.E.S.», modelo 'J3'. El regulador deriva, en forma automática y lineal, la proporción de la energía eléctrica producida por el alternador y no consumida en la red, a un banco de carga lastre con resistencias enfriadas por agua de 36 kW de potencia total.

## Banco de carga lastre

La carga lastre está constituida por un

tanque cilíndrico de acero galvanizado y 6 resistencias eléctricas blindadas con fundas tubulares de acero inoxidable de 6 kW c/u, enfriadas por agua. El agua de enfriamiento proviene de la tubería de presión con un arranque de cañería de 1". La carga lastre trabaja en conjunto con el regulador electrónico.

## Tablero eléctrico

El tablero eléctrico está compuesto por un gabinete de acero esmaltado de 800 x 600 x 300 mm, reglamentario y los siguientes componentes:

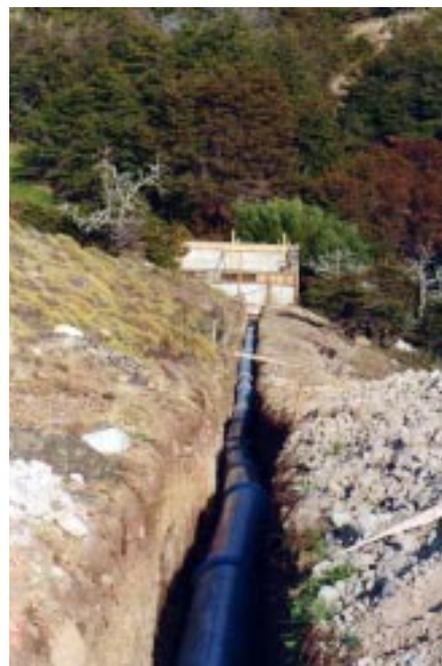
- Interruptor termomagnético de protección
- Voltímetro 0 -500 V y selector de fases
- Tres amperímetros con transformador de corriente
- Frecuencímetro 47-50-5,3 Hz.
- Horómetro (contador de horas de servicio), 220 V
- Luces piloto de indicación de fases activas
- Interruptor termomagnético de 6A para circuito de alumbrado y enchufe
- Regletas de conexiones y cableado

## Obras civiles

Las obras civiles y el montaje de los equipos electromecánicos fueron hechos por el contratista seleccionado.

## Boca toma y canal de aducción

La bocatoma es de hormigón armado con dos compuertas de acero, para toma y derivación de excesos, respectivamente. El canal de aducción se construyó con apoyo de una retroexcavadora. Es de sección



aproximadamente rectangular y tiene pendiente promedio de 0,2 %. Se diseñó para una capacidad máxima 170 l/s con velocidad superficial entre 0,7 y 0,9 m/s. Los diez últimos metros antes de la llegada al desarenador son de hormigón armado.

## Desarenador - Cámara de carga

El desarenador, combinado con cámara de carga, es de hormigón armado con muros de 200 mm de espesor. Sus dimensiones son: largo 7 m, ancho 1,8 m, y profundidad máxima 1,8 M. La cámara de carga es 1,8 x 2 m, con 2 m de profundidad.

Los accesorios son: compuerta de acero para alimentación desarenador, compuerta de alimentación canal de desvío auxiliar, vertedero y canal de demasías, tapón de vaciado y reja de acero antiresiduos.

## Tubería de presión

La tubería de presión es de PVC clase 4, de 355 mm de diámetro con uniones Anger espiga/enchufe y burlate de caucho sintético. Las tiras son de 6 metros. Se instaló enterrada en la pendiente de la colina, en zanja de 0,8 metros de profundidad media.

## Casa de máquinas

La Casa de Máquinas se construyó con estructura de paneles de estuco armado con núcleo de placa de poliestireno expandido de 80 mm de espesor y mallas ACMA de acero en ambas caras, reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado. El radier y la cimentación para el grupo turbina-generador son de hormigón. La techumbre es de cerchas de madera y chapa de acero galvanizado acanalada. Las dimensiones son: 5m x 4 m y 2,4 m de altura.

## Canal de restitución

El canal de restitución recibe la descarga del agua de la turbina, a través de su fundación y la conduce de vuelta al arroyo Barbas de Cuero o a un canal de riego, a elección.

## Obras eléctricas

El proyecto y las obras eléctricas de transmisión y distribución fueron hechos por el contratista de la especialidad seleccionado

## Red de transmisión

La energía eléctrica se transmite en media tensión (13.200V) desde la Casa de Máquinas hasta la Sala de Motogeneradores, mediante tendido aéreo



con postes de hormigón armado, alambres y accesorios. La distancia aproximada entre ambas es de 2.000 m.

La red tiene dos transformadores de 50 KVA, 13.200V/380 V, para elevar la tensión desde el alternador a la línea de transmisión y luego bajar la tensión desde la línea de transmisión a la red de distribución que comienza en la Sala de Motogeneradores.

En la Sala de Motogeneradores hay un conmutador para seleccionar la operación de la turbina o de uno de los grupos a Diesel. Estos se usan durante faenas de mantenimiento de la turbina o durante el invierno, cuando hay formación excesiva de hielo en la cámara de carga y debe detenerse por ello la turbina.

#### Mallas de tierra

Al costado de la Sala de Máquinas están instaladas las mallas de tierra de protección y de servicio las que fueron calculadas y diseñadas de acuerdo con la resistencia del terreno.

#### Comentarios y conclusiones

La Microcentral Hidroeléctrica «El Chenke» constituye un interesante caso de restitución del uso de energías renovables después de varias décadas de abandono, gracias al espíritu visionario de los propietarios y directivos de un establecimiento ganadero quienes vienen aplicando políticas de mejoramiento continuo, tanto en los aspectos sociales como de manejo de praderas y majadas de ganado ovino y vacuno.

La instalación de esta MCH significó proporcionar electricidad a las casas, escuela, galpón de esquila y otras edificaciones del casco de la Estancia, donde viven alrededor de sesenta personas. También suministra energía eléctrica a la Tenencia de Frontera de Carabineros de Chile, aledaña a la Estancia.

La tecnología usada en el diseño y equipamiento de la MCH es de última generación y de gran contabilidad lo que proporciona una alta disponibilidad de planta y bajos costos de operación y mantenimiento.

La fuente energética para el alumbrado de las casas y para el accionamiento de equipos electromecánicos en el taller y en el galpón de esquila era, hasta antes de la construcción de la MCH, un par de grupos generadores a motor Diesel de 20 KVA cada uno. Dado el alto costo de operación que esos generadores tienen, las horas de suministro de energía eléctrica eran solo cinco, entre las 17.00 y las 22:00 horas, durante el invierno y algo menos durante el verano.

## PRESUPUESTO

Costo de Capital		Miles \$
<b>1.0</b>	<b>Planeamiento/diseño</b>	
	Estudio de factibilidad, Proyecto de Ingeniería, planos, especificaciones técnicas	3.900
<b>2.0</b>	<b>Administración y finanzas</b>	
	Administración proyecto, coordinación faenas entrenamiento y capacitación, etc.	1.500
<b>3.0</b>	<b>Equipos electromecánicos</b>	
3.1	Turbina, generador, regulador electrónico, tablero, etc.	12.500
3.2	Instalación equipos electromecánicos	3.500
<b>4.0</b>	<b>Obras Civiles</b>	
4.1	Bocatoma, canal de aducción	9.000
4.2	Desarenador, cámara de carga	4.000
4.3	Tubería de presión	4.300
4.4	Casa de máquinas, canal restitución	4.000
<b>5.0</b>	<b>Obras Eléctricas</b>	
5.1	Alambre de cobre redes de MT y BT	5.000
5.2	Postes H.A. 12 m, para transmisión M.T	3.500
5.3	Transformadores (2) 50 KVA 380V/11 3.2 KV y accesorios	2.200
5.4	Mallas de tierra	2.000
5.5	Elementos y accesorios menores	1.000
<b>6.0</b>	<b>Otras partidas</b>	3.400
Total Costo de Capital		M\$ 59.800

Costo por kW instalado:  $\$ 59.800.000/36\text{kW}/470 \text{ US\$/kW} = \mathbf{3.534.- \text{ US\$/kW}}$

Los porcentajes de las partidas principales sobre el total del valor de la inversión son como sigue:

Planeamiento, diseño y administración proyecto	9 %
Equipos electromecánicos	28 %
Obras civiles	37 %
Obras eléctricas	26 %

Ahora, con la nueva planta generadora, hay disponibilidad de energía eléctrica las veinticuatro horas del día durante todo el año.

La demanda actual, en horas de consumo de punta, es de solo 12 a 15 kW. Con 36 kW de generación máxima hay, por lo tanto, suficiente potencia remanente para satisfacer el crecimiento futuro de la demanda e introducir aplicaciones productivas de la energía eléctrica.

Como conclusión final se destaca que la microcentral ha contribuido a mejorar notablemente la calidad de vida de las

personas que trabajan y viven en el casco de la Estancia, lo que se evidenció durante el asado de celebración de la puesta en marcha, al observar las sonrisas en los rostros de todos y cada uno de los comensales, así también como en la satisfacción de las familias beneficiadas con el acceso tan ansiado a la energía.

Mayores informes: Ing. Carlos E. Bonifetti Dietert, Gerente MTF Ltda.  
J.M. García 298, Concepción, Chile  
Email: cbonifetti@entelchile.net



# Promoción de PCH a través de certificados negociables – ¿Funcionará o no?

*Dr. Bomhard Pelikan*

## Introducción

Hablar de las PCH significa hablar de energía renovable. Aunque pareciera un tema superficial, en realidad no lo es. La discriminación respecto a las PCH se basa en la historia general de la hidroenergía, que ha sido un recurso tradicional durante siglos y de la cual existen buenos y malos ejemplos y experiencias.

Para la mayoría, la hidroenergía simplemente existe, pero no como materia de interés o promoción. La gran mayoría de la población, por lo menos en Europa, no se da cuenta de sus ventajas, su carácter renovable y su función determinante dentro de lo renovable hasta ahora.

En consecuencia, actuar a favor de las PCH implica convencer a la población para que despierte y colocar a las PCH en el lugar que le corresponde, de manera objetiva. Incluso la legislación nacional de Austria, por ejemplo, establece una división entre las PCH y otras energías renovables. Teniendo en cuenta las metas y políticas Europeas, eso simplemente no tiene sentido.

La existencia de toda clase de energías renovables y la necesidad de promocionarlas, es un tema reconocido políticamente y aceptado públicamente. Solo una minoría suele pedir una explicación fundamental o preguntar si existe algún tipo de promoción. Es muy importante tener una visión clara.

Generalmente los instrumentos de promoción sirven como herramienta de compensación para que todos compitan en el mercado de manera justa y equitativa.

Contradiciendo esa simple definición, la situación del mercado en relación al tema energía no se basa en la equidad, en cuanto a la estructura y la totalidad de los costos se refiere. La justicia simplemente no existe. La clave para resolver los problemas económicos de las energías renovables es la internalización de costos externos. Una vez realizada, por lo menos los recursos renovables más atractivos podrán competir fácilmente con los recursos no renovables, sin ningún apoyo adicional.

Este aspecto nos da una visión muy distinta de los llamados instrumentos de apoyo para recursos renovables, porque solo están orientados a compensar las desventajas creadas por el hombre.

## Aspectos fundamentales

Dentro de la creciente Unión Europea, ya no cabe duda sobre la necesidad de aumentar significativamente las fuentes de energía renovable. La reciente propuesta de una disposición para promocionar la energía renovable contiene algunos principios y metas nacionales.

En segundo lugar, se reconoce la necesidad de contar con instrumentos de compensación para corregir la falta de exactitud en los cálculos de los costos totales.

Dichos instrumentos son esenciales para la sobrevivencia de las energías renovables en un mercado energético en constante proceso de liberalización. Obviamente existe una contradicción fundamental entre cualquier sistema “de apoyo” y el mercado libre. La idea de implementar certificados de energía renovable es una fórmula conciliadora – un mercado artificial y observado.

Debido a los aspectos generales de un sistema de certificados, la función clave de las condiciones establecidas es de posicionar el resultado individual entre los límites de lo “regulado” y lo “libre”. A primera instancia, parece ser una desventaja, pero al contrario, es la mejor alternativa para establecer y hacer funcionar el sistema. Para esto, todos los aspectos de influencia tienen que ser variables de modo tal que permitan un ajuste permanente. Desde el punto de vista estratégico, el proceso de implementación debería empezar a partir de una versión regulada; se deberá observar y evaluar las reacciones del mercado y vigilar la operación para ver si guarda relación con los objetivos y si se logra alcanzar las metas.

En general, el factor tiempo es de suma importancia, porque hay muy poca resistencia contra la ruptura de la función. Los productores podrían sufrir un colapso económico aún después de algunas semanas de percibir menores ingresos. Una vez identificado el problema, se debe actuar de inmediato. En ese caso, el marco legal resulta decisivo y tiene que ser robusto.

Se dice que en Austria, Suecia, el Reino Unido, Holanda e Italia, por ejemplo, se ha implementado un sistema de Certificados Verdes Negociables. Hasta el momento ninguna experiencia ha demostrado que, en principio, el sistema es adecuado para energías renovables, o por lo menos para las PCH.

Los debates a nivel nacional e internacional han demostrado algunos puntos débiles y algunas “condiciones esenciales” para garantizar el éxito de dicha alternativa.

Los principales puntos de discusión son:

- Certificación y criterios, manejo, procedimiento
- Sujetos de obligaciones
- Cotizaciones
- Multas y reciclaje
- Precio de los certificados y etapa de capacitación
- Mecanismo de flexibilidad

## Principio de los Certificados Verdes Negociables

En principio, el sistema de certificados negociables divide el valor de la unidad energética en una parte física y otra ideológica que representan, respectivamente, el factor verde y la sostenibilidad del sistema de generación renovable. El valor físico corresponde al precio de mercado de la energía, cualquiera que fuera; siendo éste un monto variable que depende del mecanismo del mercado energético mundial, en el cual la energía renovable tiene muy poca influencia. La parte ideológica – el certificado – se refiere a la unidad misma, con el kWh como prueba de su origen.

El productor venderá ambas partes en dos mercados divididos. El componente físico está sujeto a la reventa; la parte ideológica requiere de obligaciones para crear el mercado de acuerdo a la demanda. Este valor puede ser variable, fijo o intermedio. Sin embargo, ambas partes del valor total deberán cubrir los costos de producción de las energías renovables.

## Certificación y criterios, manejo, procedimiento

Desde el punto de vista oficial de Europa, en general a las PCH le corresponde entregar certificados de acuerdo a su producción. La limitación de una PCH es de 10 MW. Al igual que otros recursos de ER, no hay más condiciones que cumplir. Es decir, la PCH es el primer y único paso para certificar la producción. En vista de que solamente la energía transmitida a la red está sujeta al sistema



de certificados verdes negociables, los operadores de la red cuentan con toda la información necesaria para certificar el local. El procedimiento en sí puede ser realizado por entidades gubernamentales o no-gubernamentales, siguiendo los criterios de capacidad instalada y transmisión a la red.

En una etapa posterior del desarrollo de un sistema de certificados, se podría hacer una distinción entre uno "verde" y otro, variando desde "verde oscuro" hasta "verde claro", con el objeto de mejorar la calidad ambiental y considerando las diferencias entre los recursos renovables. En una fase inicial como la actual, esa estrategia destruiría la coherencia política de todas las energías renovables.

El segundo es un paso múltiple que comprende la emisión y manejo serio de los certificados. Una vez más, los operadores de la red fácilmente podrían apoyar, ya que cuentan con información primaria. Los certificados se emiten en base a las lecturas de los medidores. Más adelante, sería mejor calcular toda la producción en una unidad centralizada y emitir documentos electrónicos (Certificados Verdes) manejados a través de Internet. Cualquier productor o proveedor podría tener una cuenta, brindando mayores oportunidades de comercialización. Obviamente, el sistema de cuentas individuales tiene sus límites.

### **Sujetos de obligaciones**

Como se mencionó anteriormente, para convertir los Certificados Verdes en Certificados Verdes Negociables, es necesario crear un mercado y establecer obligaciones. Esto se puede realizar en cualquier punto de la cadena de distribución de energía entre la producción y el consumo. La versión preferida es la obligación de los consumidores (el contaminador paga) o la de los proveedores. Aunque la obligación de los consumidores podría ser útil desde el punto de vista estratégico, su manejo y ejecución suele ser difícil. En consecuencia, la obligación más controlable es la de los proveedores.

### **Cotizaciones**

El tema de la cuota es muy sensible, de manera que debe ser fijada como un valor variable. Además, esto guarda estrecha relación con los límites de operación del sistema (nivel nacional o transnacional). Sin embargo, no tiene mucho sentido crear una brecha entre la cuota existente y la meta.

Sin lugar a dudas, la brecha es el impulso que aumenta la producción. Por otro lado, existe una relación entre el "ambiente" del mercado y el tamaño de la brecha. Cuando la brecha es mayor,

hay mayor entusiasmo. La meta general es lograr un aumento continuo pero responsable de las energías renovables y no un crecimiento rápido pero inseguro. En cifras, la "brecha" no debería ser mayor de 5 - 10% de la meta, repitiendo la posibilidad de ajustar los valores con facilidad y a corto plazo.

### **Multas y "reciclaje"**

Persiguiendo la meta de contar con el impulso de una cuota, cualquier obligación necesita un refuerzo. Los principales aspectos son el tamaño de la multa y cómo aplicarla.

Respecto al tamaño, se pueden ofrecer dos modelos, ambos relacionados con el precio del Certificado Verde Negociable: agregar un monto fijo o agregar un porcentaje. Considerando que de acuerdo a las reglas del mercado el precio del Certificado Verde Negociable es variable, la solución más clara sería que el gobierno agregue un monto fijo por adelantado. De esa manera, la persona obligada podría calcular el monto preciso.

Respecto al tamaño absoluto de la multa adicional, es necesario tener en cuenta que deberá ser más barato cumplir con la obligación que pagar la multa. El monto adicional deberá guardar relación con los costos operativos, contractuales y administrativos. Algunas experiencias han demostrado que alrededor del 50% del precio de un certificado verde negociable podría convencer a los obligados a comprar certificados en lugar de pagar la multa (Sistema de Etiquetas Verdes de Holanda).

En caso de que algunos prefieran pagar la multa por razones estratégicas o políticas, será necesario tratar el asunto de cómo utilizar el dinero que ingresa. Lo mejor sería crear un fondo para alcanzar dos objetivos: comprar los certificados restantes y apoyar a las centrales o recursos más caros incluidos en un sistema único de certificados. Dentro de ese sistema de retorno, el tema de las cotizaciones adquiere una importancia extraordinaria, porque conforme se amplía la "brecha" entre la oferta y la demanda de certificados, ingresará una mayor cantidad de dinero al fondo.

La obligación entraría en vigor a través del gobierno del país proveedor de la energía, tanto para compañías nacionales como extranjeras. Ambas tendrían que cumplir los reglamentos nacionales, de lo contrario perderían sus licencias de operación. Este es un caso hipotético, porque los proveedores extranjeros probablemente tratarán de obtener cuotas del mercado nacional. Ser más "verde" que los demás podría ser una estrategia para cumplir esa meta.

Detallándolo aún más, el gobierno

podría encargar la supervisión a una entidad fiscalizadora.

### **Precio del certificado y etapa de comercialización**

En teoría, el precio de los certificados sería fijado por las reglas del mercado (oferta y demanda). En la práctica, el precio estaría influenciado por la estructura del mercado (individual o común), las limitaciones del tiempo, validez y asuntos estratégicos.

Empezando con la estructura del mercado, es de conocimiento público que las PCH comprende una serie de pequeños y micro sistemas. En Austria, por ejemplo, existen unos 2000 productores, de los cuales el 50% tiene una capacidad de menos de 100 kW y el 90% menos de 1 MW. La mayoría de los dueños son personas que tienen otro empleo principal.

La contraparte es un grupo limitado de compañías distribuidoras de electricidad que actúan profesionalmente, tienen experiencia en el mercado, cuentan con la mejor información y usualmente tienen el respaldo de algún poder financiero. Debido a las diferencias mencionadas, es fácil entender la discriminación que existe entre los productores en las negociaciones y contrataciones. Esa desigualdad podría reducirse si se forman grupos de productores que generen un mayor volumen comerciable.

Otra medida para asegurar la equidad sería aplicar un modelo similar al de la bolsa de valores, con el más alto nivel de transparencia, demostrando la situación actual del mercado, el movimiento de los precios, etc.

Por ejemplo, el sistema Danés se basa en un precio mínimo garantizado para Certificados Verdes Negociables de 0.014 US\$/kWh. Aunque el monto parece bajo, la multa en caso de no cumplir con la obligación es de casi tres veces más, o sea 0.037 US\$/kWh, fijando un precio mínimo para los Certificados Verdes Negociables (CVN). Tal como se mencionó anteriormente (conteo y manejo de certificados), incluso el mercado debería ser virtual, conectando a los participantes del mercado.

A partir de las cuentas de certificados, sería fácil realizar y controlar los procesos de compra y venta. El acceso al "mercado" deberá limitarse a participantes acreditados como productores, proveedores, grandes consumidores y entidades que representen a los grupos mencionados.

### **Mecanismo de flexibilidad (transacciones bancarias y préstamos)**

Como se mencionó en la introducción, el factor tiempo es un punto clave del



sistema CVN. Bajo ese concepto se deberán considerar los aspectos especiales de las PCH. Las transacciones bancarias corresponden al "almacenamiento" de los CVN una vez pasado el período de amortización. El único actor bancario es el productor. Si se permite a los obligados realizar las transacciones bancarias, el sistema estaría en peligro de colapsar. Sin embargo, el período para esas transacciones deberá limitarse de acuerdo a los factores de producción de los PCH. Entre los años "mojados" y "secos", la producción puede variar +/- 30%, por lo tanto un certificado debería tener una validez móvil de dos años.

Bajo el concepto de la comercialización virtual, sería fácil marcar el CVN con la fecha exacta del registro de producción. Una vez alcanzado el límite, el CV sería suprimido automáticamente de la cuenta.

El concepto de préstamo satisface a los intereses de los actores que tienen un déficit de CVN dentro de un período de amortización (un año), agregando la diferencia a su meta para el próximo período de amortización. En general, esta idea ha sido considerada, teniendo en cuenta los factores de producción, por lo que tendría sentido extender el período (6 meses como máximo), siempre y cuando el mercado de CVN esté vacío y el déficit equivale a un máximo de 8% de la obligación (valor de un mes).

### Armonización Europea

Aunque no es muy sencillo establecer un sistema nacional de CVN, vale la pena mencionar que el beneficio real de un sistema como este podría ocurrir finalmente

en su expresión internacional (CE o más amplio). Bajo ese concepto, todos los temas claves discutidos anteriormente tendrían que ser trasladados a un nivel internacional. La palabra clave "armonización" será tratada en los siguientes temas:

- Criterios y definiciones
- Subvenciones nacionales
- Sujetos de crédito
- Fiscalización y, por último,
- Cómo evitar una administración complicada

Con relación a los criterios y definiciones, un grupo internacional denominado RECS ha tomado los primeros pasos hacia la armonización Europea, empezando con un primer documento de compromisos básicos.

Lo que aparentemente causaría mayor dificultad es la variedad de subsidios nacionales que se tienen que dividir en subsidios directos e indirectos. La consideración y finalmente el retiro de los mismos dará lugar a una dura resistencia.

¿Quién recibe el crédito para una PCH? ¿el país productor o el país consumidor? Este y otros temas relacionados son preguntas que hasta la fecha no han sido resueltas. El tema es realmente complejo.

Por último, debemos tocar los temas de control y administración. Es un hecho que existe una conexión progresiva entre el local en sí y la unidad administrativa de un sistema, aunque se diga lo contrario. Así lo demuestra la experiencia. Para cumplir con los compromisos y obligaciones a tiempo, la creación de una estructura simple basada en Internet es inevitable, con un corto tiempo de reacción y competencias

efectivas y directas. Desde el punto de vista técnico, no se anticipan problemas.

Sin embargo, si fuese posible establecer los sistemas CVN a nivel nacional, los problemas de expansión solo se basarían en intereses nacionales propios. La implementación de CVN a nivel internacional nos ha enseñado que los problemas relacionados al cambio de ambiente tienen poca relevancia nacional pero mucha a nivel mundial. En general, cualquier instrumento efectivo tiene que tener el mismo aspecto que el problema en sí.

### Referencias bibliográficas

- \* Mitchel, C. y Anderson, Teresa. «The implications of tradeable Green Certificates for the UIC, ETSU Project Number: TGC (KIBD/00218), 2000.
- \* Schaeffer et al. "The implications of tradeable green certificates for the deployment of renewable electricity", ALTENER research project XVII/ 4.I03OrZ/98-037,2000.
- \* Moody et al. RECS – Compromiso básico, documento interno no publicado, 2000.
- \* Bogner, St. «Studie zur Marktsituation fQr KleinwasserkraftwerksZertifikate soie Ober die Grundkonzeption eines Modells fQr den Zertifikahftindel", Conocimientos especializados no publicados, 2000.

Mayores informes: Dr. Bomhard Pelikan  
University of Agricultural Sciences,  
Department of Water Management,  
Hydrology and Hydraulic Engineering  
A-1190 Vienna, Fluthgasse 18, Austria  
E-mail: pelika@edvz.boku.ac.at

## X Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos

Poços de Caldas – Minas Geräis, Brasil  
5 – 9 Mayo 2003

Organiza:

**Centro de Referencia de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas**  
cerpch@cpd.efei.br

El objetivo del encuentro será reunir a investigadores y profesionales del área a fin de presentar diversos trabajos y proyectos de diseño de desarrollo e innovación, tecnología e ingeniería en el campo de los pequeños aprovechamientos energéticos.

Además, realizar debates sobre la realidad de los pequeños aprovechamientos energéticos a nivel nacional e internacional.

Finalmente, otro de los objetivos del encuentro será el de promover una mayor interrelación entre universidades, industrias e instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales.

El evento está dirigido a profesionales e investigadores, universitarios, colaboradores de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, entidades de financiamiento, fabricantes de equipos y otros.

Mayores informes:

Visite nuestro sitio web!  
[www.cerpch.efei.br](http://www.cerpch.efei.br)





# Fortalezas y Debilidades de las Energías Renovables en la Electrificación Rural – Estudio de Casos

Durante los días 27 y 28 de Mayo del 2002, se efectuó en el puerto de Valparaíso, Chile, el seminario internacional «Fortalezas y Debilidades de las Energías Renovables en Electrificación Rural – Estudio de Casos», organizado por el Gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional de Energía y la Universidad Técnica Federico Santa María.

Los objetivos de ese encuentro fueron conocer y debatir acerca de experiencias concretas llevadas a cabo en electrificación rural. Es así que el seminario contó con la participación de representantes de distintos sectores y países del continente americano y de Europa, quienes presentaron trabajos y discutieron los problemas y dificultades que aún se presentan en la aplicación de sistemas de electrificación rural con energías renovables. Asimismo, se analizaron los factores a considerar para



lograr el éxito de los proyectos y las causas de los problemas y obstáculos que subsisten en la aplicación de sistemas de generación aislados en pequeña escala.

Luego de las discusiones surgieron como conclusiones para lograr éxito, entre otras, la relevancia de conocer previamente las expectativas de los usuarios, sus necesidades y los usos finales de la energía; la importancia de la preparación de buenos proyectos de ingeniería; la instalación de equipos con garantías, certificaciones y de marcas reconocidas; la capacitación de la comunidad y de operadores para el manejo adecuado de las instalaciones y contar con financiamiento y programas de apoyo para la operación y mantenimiento de las plantas.

No podemos dejar de destacar la participación de ingenieros de HIDRORED, es así como parte de nuestro equipo y colaboradores se dieron cita en las hermosas tierras chilenas, brindando sus valiosos aportes a través de interesantes trabajos en los que se trataron diferentes temas, dentro de los que podemos mencionar: esquemas de gestión y financiamiento de microcentrales hidroeléctricas en comunidades rurales en Perú; electrificación con sistemas de energías renovables en las islas Galápagos y microcentrales exitosas y deficientes en Chile.

La Comisión Nacional de Energía también se hizo presente exponiendo la metodología empleada en el estudio reciente de tres proyectos de

microcentrales hidroeléctricas en localidades aisladas de la comuna de San Pedro de Atacama, en el norte de Chile.

Dentro del programa del seminario pudimos apreciar una muestra de equipos y partes en la que expusieron fabricantes chilenos de equipos termosolares y turbinas hidráulicas e importadores y representantes de marcas internacionales de motogeneradores, aerogeneradores, paneles fotovoltaicos, baterías especiales, inversores y dispositivos para sistemas solares fotovoltaicos e híbridos.

No cabe la menor duda de que este seminario internacional sirvió de mucho al sector de electrificación rural, en donde no solo se tuvo la oportunidad de exponer e intercambiar antecedentes y opiniones sobre aspectos de diseño de proyectos sino también tocar el tema de la ejecución, administración, operación y evolución de los mismos.

Esperamos que más adelante podamos compartir y participar de otros eventos que involucren a nuestro sector pues actividades como éstas, se presentan como los mejores escenarios para debate e intercambio de opinión y experiencias a nivel local, regional e internacional, experiencias que enriquecen nuestro trabajo.



Stand de Hidrored en el Seminario Internacional. Fue visitado por numerosos profesionales recibiendo interesantes elogios y muestras de interés.

## IMPRESSUM

HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en microhidroenergía.

HIDRORED es publicada dos veces al año por el Programa de Energía de ITDG-Perú.

### Comité Editorial

Teodoro Sánchez, ITDG-Perú  
Walter Canedo, CNER-Bolivia  
Carlos Bonifetti, MTF-Chile  
Mauricio Gnecco, FDTA-Colombia

### Corresponsales

Argentina (Misiones):  
Jorge Senn  
Bolivia (Cochabamba):  
Walter Canedo  
Colombia (Villavicencio):  
Mauricio Gnecco  
Ecuador (Quito):  
Milton Balseca  
Honduras (Comayagüela):  
Jorge F. Rivera  
Perú (Lima):  
Teodoro Sánchez

### Editores

Programa de Energía-ITDG  
Av. Jorge Chávez 275, Lima 18 - Perú  
Telf. (511) 447-5127  
4467-324 444-7055  
Fax (511) 446-6621  
E-mail: energia@itdg.org.pe  
www.itdg.org.pe

### Coordinación

Saúl Ramírez

### Producción

Lourdes Chuquiopondo

### Diagramación

José Rodríguez

El comité editorial no se responsabiliza por el contenido de los artículos

**ITDG**  
SOLUCIONES PRÁCTICAS  
PARA LA POBREZA

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, ITDG tiene oficinas en ocho países de África, Asia, Europa y América Latina.

En el Perú, trabaja a través de sus programas de Energía, Agroprocesamiento, Riego y Desastres, y las áreas de Investigaciones y Comunicaciones.