

HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

ISSN 0935 - 0578

1/2001



Estimados lectores:

Nos complace presentarles un nuevo número de la revista Hidrored. En esta ocasión podrán conocer nuevas experiencias sobre el uso de energía en comunidades aisladas, tanto en Perú como en otros países del mundo.

En primer lugar les presentamos una experiencia ejecutada por ITDG con el apoyo del gobierno de Holanda a través de la DGIS. Este caso corresponde a una evaluación socio-económica y de necesidades energéticas realizada en 33 centros poblados ubicados en la cuenca del canal de Puinahua.

El segundo artículo analiza el problema de la electrificación rural en el Perú, planteando alternativas orientadas al uso de energías renovables como opciones energéticas para las zonas rurales aisladas. El Programa de Energía de ITDG pone especial énfasis en la promoción de la hidroenergía a pequeña escala, como una opción apropiada para facilitar el acceso de la población rural a la electricidad.

A continuación nuestros lectores podrán conocer un proyecto nacido como iniciativa de la ronda campesina de Bambamarca a inicios de 1995. El sistema, instalado a fines de 1999, viene funcionando en forma ininterrumpida y suministra agua potable a trescientos habitantes de los caseríos de El Lirio.

Como de costumbre, también ofrecemos exitosas experiencias puestas en marcha en otras partes del mundo, e invocamos a los lectores interesados a que contribuyan con nuevos aportes para las próximas ediciones de nuestra revista.

Los editores.



Necesidades energéticas en las comunidades del canal Puinahua

Rafael Escobar

1. Introducción

Este caso de estudio corresponde a una evaluación socioeconómica y de necesidades energéticas realizada en 33 centros poblados ubicados en las riberas de la cuenca del canal de Puinahua, con la finalidad de conocer sus principales necesidades, establecer prioridades y definir alternativas de solución. El estudio fue financiado por el gobierno de Holanda a través de la DGIS y ejecutado por el Programa de Energía del ITDG entre mayo y julio de 1999.

El canal de Puinahua, que se inicia y termina en el río Ucayali, tiene una extensión aproximada de 600 km y se ubica entre las coordenadas 5° y 6° latitud sur y 74° y 75° longitud oeste, en una zona catalogada como selva baja inundable. El estudio comprende 33 centros poblados de los 36 reportados en los datos y mapas oficiales del gobierno. Cada localidad tiene poblaciones que varían entre 15 y 277 familias.

2. Resultado del estudio

2.1. Metodología del estudio

Se han diseñado y aplicado los siguientes instrumentos para el recojo de datos: cuestionarios para las familias, ficha de entrevista para autoridades y una ficha para los servicios básicos, especialmente salud y energía. Asimismo se llevó a cabo un conjunto de talleres, con la finalidad de establecer prioridades sobre las necesidades energéticas.

Para facilitar la ejecución de las actividades fue necesario agrupar a las localidades en tres grupos, según parámetros como el tamaño de los centros poblados y la ubicación.

2.2. Evaluación sobre posibles impactos en los aspectos cultural y étnico

Una preocupación central de la organización patrocinadora de este estudio fue conocer el impacto que podría producir la introducción de tecnologías modernas como la fotovoltaica en comunidades aisladas, con particularidades culturales y étnicas poco conocidas. Ello planteó la necesidad de considerar en la metodología el uso de herramientas y cuestionarios que permitiesen el recojo de datos sobre la familia, las creencias locales y sus respuestas a los estímulos externos, etc.

Debido al aislamiento de estas comunidades con respecto a las ciudades grandes, y por estar ubicadas en la selva baja, se pensaba que en esta zona habría grupos nativos muy fuertes, con influencia y poder en la zona.

Sin embargo, el estudio dio como resultado que la población que habita en la zona es

principalmente migrante de la región andina. Estos pobladores no se consideran nativos: se reconocen y prefieren ser reconocidos como *ribereños* (sinónimo de inmigrante que vive en las orillas de los ríos). Se encontró que hay muy pocos rezagos de las etnias que antes poblaron esta zona: los cocama cocamilla.

Este resultado despeja una serie de dudas con respecto a la posible influencia o perturbación que podría traer la introducción de tecnologías novedosas en la zona, y como veremos más adelante, refuerza la necesidad por introducir tecnologías que permitan una solución apropiada a las necesidades energéticas de la población.

2.3. Los servicios existentes en las comunidades estudiadas

En lo que respecta a los servicios básicos – agua y saneamiento, educación y salud – debido al aislamiento de estas comunidades su existencia es mínima y de muy baja calidad. Mientras más pequeñas son las comunidades menos servicios tienen, lo que agrava su situación por las grandes dificultades que hay para desplazarse de un pueblo a otro. Entre los indicadores encontrados podemos mencionar los siguientes: la mayoría de la población sabe leer y escribir, pero son pocos los que tienen primaria completa; sólo ocho de las 33 comunidades cuentan con centros de salud, y el agua para consumo doméstico se recoge directamente del río. FONCODES ha construido algunos pozos, sin embargo al momento de la evaluación ninguno estaba en funcionamiento, y sólo el 12% de las familias dispone de servicios de letrinas.

Treinta comunidades cuentan con sistemas de comunicación a través de radio y el intercambio entre habitantes de las diferentes comunidades de Puinahua es escaso debido a las dificultades de transporte regular entre ellas. El transporte ocasional que existe se limita a pequeñas canoas construidas localmente.

2.4. La economía de familias de la cuenca del Puinahua

La economía de las comunidades del Puinahua es de subsistencia y se basa principalmente en la agricultura, la pesca y la caza. De éstas, la única que les permite ingresos de dinero en efectivo es la pesca.

Las familias realizan sus actividades productivas según las épocas de creciente y vaciante de los ríos. Además, tienen algunas restricciones con respecto a los recursos naturales existentes en la RNPS¹.

Las actividades a las que se dedican los pobladores, en orden de prioridad, son la pesca

(81%) y la agricultura (4%), ambas en época de creciente, el comercio (12%), la caza (0,5%) y la recolección de productos (7% en época de vaciante).

El comercio de pescado amazónico se realiza de diferentes formas. Una de ellas es la venta de pescado congelado, salpreso y seco-salado. Los mercados donde se comercializa se ubican en la misma región (Iquitos, Pucallpa, Requena, Tarapoto) y fuera de ella, en la sierra central (Cerro de Pasco, Huánuco, etcétera). La agricultura es de muy pequeña escala y escasamente permite cubrir las necesidades de productos de panllevar y frutas. Todos los demás productos alimenticios son de procedencia externa. Estos productos se compran con los ingresos generados por la pesca y la caza, que son las actividades económicas que les permiten obtener dinero en efectivo.

A partir de estos productos y del nivel de comercialización, se ha establecido que el ingreso promedio anual de una familia es de aproximadamente US\$ 900² y que el ingreso mensual asciende a US\$ 75.

3. Problemática energética en el canal del Puinahua

3.1. Uso de la energía en las comunidades del canal del Puinahua

La demanda básica de energía por parte de las comunidades del Puinahua se dirige a la cocción de alimentos, el suministro de agua, la preservación de alimentos, la compra de medicinas, educación, iluminación de sus viviendas, actividades de pesca nocturna, comunicación con el mundo externo a través de radioreceptores y actividades de recreación y esparcimiento.

El 100% de las familias encuestadas usa fogones o cocinas rústicas a leña. La extracción de leña para la cocción de alimentos no representa amenaza alguna en términos de deforestación, aunque aparentemente no hay explotación comercial de especies forestales. Sería conveniente educar a la población para evitar que ello suceda en el futuro, pues los requerimientos de madera comercial van en aumento con el tiempo y en algún momento podrían tocar la reserva.

La iluminación de las viviendas se logra mediante mecheros y linternas³ de confección casera que emplean como combustible el kerosene. La adquisición del kerosene se efectúa en las pequeñas tiendas o a comerciantes que visitan las comunidades esporádicamente para intercambiar productos.



Las pilas secas son un elemento imprescindible para la pesca nocturna, pues permiten el uso de linternas para iluminar los caminos y trochas difíciles y evitar peligros tales como ser mordidos por una serpiente. Además, se emplean en diversos aparatos electrónicos portátiles tales como radios y radiograbadoras.

Algunas familias usan baterías de automóvil para accionar equipos de comunicación y grabadoras. La inversión inicial, las dificultades de transporte y los costos de recarga afectan su adopción por las familias de la zona.

En el estudio se identificaron once poblados que cuentan con un sistema diesel para la generación de energía eléctrica. El funcionamiento de los sistemas diesel representa una solución parcial, restringida a muy pocas horas del día, con frecuentes períodos de corte y con muy pobres condiciones de manejo. En el siguiente acápite se amplía este tema.

3.2. El servicio de electricidad en las comunidades: el caso de los generadores diesel

Los once centros poblados que cuentan con pequeños sistemas diesel se distribuyen así: cuatro pertenecen al distrito de Bretaña, cinco al distrito de Maquia y dos al distrito de Sarayacu. El 64% de los equipos instalados tiene una potencia de 28 kW. Todos los sistemas están sobredimensionados, lo que muestra que no hubo un criterio técnico para su selección, la energía eléctrica se usa principalmente para el alumbrado doméstico y en algunos casos para el funcionamiento de equipos de uso común como TV y antenas parabólicas.

Características de los sistemas eléctricos

Los sistemas de generación diesel, en general, tienen las siguientes características:

- * Vienen operando desde hace cinco años aproximadamente. Las potencias están en un rango desde 25 a 110 kW.
- * Están sobredimensionados para la demanda, salvo en los casos de Bretaña y Puerto Enrique.
- * La propiedad es comunal. Sólo tres sistemas son de propiedad municipal.

* La administración tiene varios problemas como producto de las debilidades sobre conocimientos del sistema, conceptos administrativos, costos de energía y otros que devienen por falta de capacitación local.

3.3. Operación y mantenimiento

Se han constatado serias deficiencias que influyen en la marcha poco eficiente de los equipos y, particularmente, en la mala calidad del servicio, con muy pocos visos de sostenibilidad. Las constantes paralizaciones de los sistemas afectan servicios tan importantes como la salud y la radiocomunicación.

No hay manuales de operación, y menos programas de mantenimiento. Los operadores tienen dificultades para el manejo de los equipos y/o para resolver problemas menores debido a su falta de capacitación. Tampoco cuentan con herramientas básicas para su trabajo, por lo que deben recurrir a personal técnico de Requena o Iquitos, con los consiguientes altos costos y pérdida de tiempo. Por otro lado, los operadores no reciben una retribución por sus servicios.

El suministro de petróleo se hace desde Iquitos, con altos costos debido al transporte. Los lubricantes, filtros y otros repuestos presentan un problema similar al del petróleo. No hay registros sobre uso de combustibles y aceites, parte de estos productos es comprada con los aportes de los usuarios y parte con donaciones de las municipalidades distritales, lo que no permite verificar los datos de consumo de combustible.

Hay una fuerte discrepancia entre los datos obtenidos de los operadores sobre las horas de operación y consumo de combustible versus consumo promedio para este tipo de máquinas (estimado en 12 kWh/galón). Por ejemplo, en el caso de Bretaña, según el operador este sistema opera tres horas diarias y sólo consume 885 galones por año, según el cálculo de los técnicos del programa ese número de horas diarias de operación requieren de al menos 5400 galones por año. Ello nos hace concluir que el sistema en cuestión sólo opera esporá-



Viviendas típicas en el Canal Puinahua. C.P. San Pedro

dicamente y que equivale aproximadamente a un sexto del tiempo reportado por el operador.

3.4. La administración de servicios eléctricos

Hay dos formas de administración: municipal y comunal. En los sistemas donde la municipalidad es la propietaria, ésta se convierte en la organización responsable del servicio, y el alcalde y un regidor en sus responsables directos. En este caso, las familias no se sienten responsables en cuanto al pago de tarifas. La actitud paternalista de las municipalidades repercute desfavorablemente en la formación de una conciencia de pago y cuidado de este servicio.

Cuando la propiedad es comunal, la organización responsable del servicio es un comité de electrificación. Estos comités han sido formados como instancias de apoyo durante la gestión de los alcaldes para obtener los sistemas, normalmente formados por cinco a seis personas, donde se incluye a algunas autoridades locales (teniente gobernador, agente municipal, etcétera).

Las dos formas de administración presentan deficiencias en la realización en su labor. Éstas se pueden resumir en:

- * Las municipalidades, por su actitud paternalista, no crean una conducta de pago en los usuarios.
- * Por sus limitados recursos económicos, las municipalidades no disponen de presupuesto para capacitar al personal encargado del servicio y tampoco lo perciben necesario.
- * El criterio político con que se asumen muchas de las actividades de la municipalidad hace vulnerable una administración del sistema, especialmente por el aprovechamiento de algunos líderes como objeto de "clientelaje político".
- * Los comités de electrificación no están en capacidad de poner en marcha normas o reglas para el buen manejo del sistema.
- * Los comités, por ser *ad honorem*, no cumplen con sus funciones (supervisar, fiscalizar, etcétera).
- * La educación sobre el manejo y uso racional de la energía no ha formado parte de la estrategia de electrificación de estas comunidades.
- * No hay criterios uniformes ni técnicos para establecer tarifas, en algunos casos ni siquiera se toma en cuenta el costo del combustible.

GRUPO	Comunidades	Características
GRUPO I	Huacrachiro, Puerto Enrique, Manco Capac, Bretaña, Victoria, San Carlos, Obrero I Zona, Ancash, Bolívar, Nuevo Encanto, Oceanía.	Localidades que disponen de servicios básicos, como agua potable, posta médica, electricidad, escuela, colegio y letrinas. Tienen mayor población y fuerte tendencia urbana.
GRUPO II	Urarinas, Bellavista, San Juan Paucar, Puerto Irene, Las Palmas, Padre López, Naranjal, San Antonio, Obrero II Zona.	Localidades que disponen de algunos servicios básicos, como escuela, botiquín comunal y en algunos se tiene agua de pozos. Tienen menor población y las viviendas están dispersas.
GRUPO III	Polo Sur, Nuevo Liberal, San Miguel, 28 de julio, Nuevo Clavero, San Raúl, Atun Poza, Jorge Chávez, Independencia, San Pedro, 7 de Junio, Kuwai, San Rafael.	Localidades que no cuentan con servicios básicos y que recurren a otras localidades para cubrir sus necesidades. Son poblaciones pequeñas y muy dispersas.

Fuente: ITDG, trabajo de campo, junio 1999



Las tarifas que se pudieron constatar durante el estudio varían entre S/. 2 y S/. 20.

* En Puerto Enrique, como caso único, se encontró que hay tres tarifas diferentes: jóvenes, uso doméstico y comerciantes (S/. 3, S/. 10 y S/. 15/mes respectivamente).

* En todos los casos la morosidad es alta, lo que a menudo obliga al apoyo económico de la municipalidad para poder continuar con los servicios.

3.5. Gastos en energía

En este análisis se ha considerado el consumo de energía que hacen las familias en kerosene, pilas para radio y pilas para linterna, que son las fuentes utilizadas.

En los siguientes gráficos se presentan los gastos promedio de la población total existente en los 33 centros poblados de acuerdo a la fuente de energía por grupos clasificados en la metodología, así como los gastos en energía en cada centro poblado.

A pesar de que aproximadamente el 5% de las familias usa baterías, no hemos incluido los gastos de este rubro en los promedios, ya que tienden a distorsionar los promedios. Como podemos apreciar, las baterías ya se están usando en zonas tan alejadas como las comunidades de Puinahua. Lamentablemente, los costos de carga y recarga y de transporte asociados son muy elevados, pues en algunos casos llevan este servicio lo reciben en Iquitos o Requena (a más de treinta horas de viaje en pequeñas lanchas).

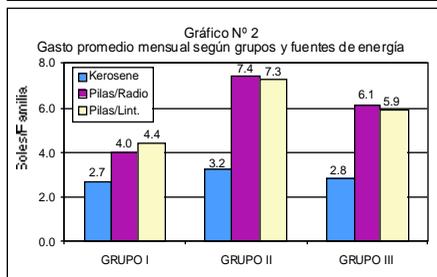
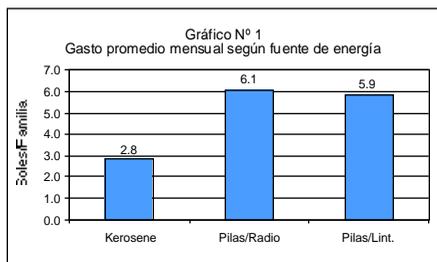
Asimismo, para uniformar los datos no se está considerando los gastos por concepto de tarifas eléctricas en las comunidades que cuentan con grupos diesel que incrementarían los gastos en un promedio de S/. 10. Éste es el caso de las comunidades que se encuentran en el Grupo I (gráfico 2), donde a pesar de contar con el servicio de electricidad aún se incurre en gastos comprando kerosene y pilas.

El gráfico 1 indica los gastos promedio por mes de la población de las 33 comunidades evaluadas. Se puede deducir que el promedio total por gasto en energía es de S/. 13. Asimismo, se puede apreciar que existe un uso mayoritario de pilas (radio y linternas), que representa un 78% del gasto promedio por familia en las fuentes de energía indicadas.

El gráfico 2 muestra el comportamiento en cuanto a gastos en energía en los tres grupos clasificados según la fuente de energía utilizada. Los gastos promedio globales para cada grupo son: grupo I, S/. 11; grupo II, S/. 18, y grupo III, S/. 15.

4. Las prioridades de la población en cuanto a la solución de necesidades

Como metodología de estudio se realizaron talleres en diversas comunidades con participación de la población y un taller final con dos líderes representantes de cada comunidad. Las necesidades consideradas prioritarias son las siguientes, en orden de importancia:



Agua potable. La población reclama el servicio de agua potable como una necesidad urgente. Por la geografía del terreno no se pueden usar sistemas por gravedad, lo que hace necesarios los sistemas de bombeo.

Salud. Las condiciones mínimas para un servicio básico de salud son fundamentales, dado el aislamiento de las comunidades con respecto a los centros de salud regionales. En estas comunidades los pobladores reclaman por lo menos la iluminación, sistemas de frío y linternas portátiles para atender emergencias y/o trasladar enfermos.

Educación. Los profesores y la comunidad creen que la presencia de equipos de video y televisión mejorarían la calidad de la enseñanza. Lo mismo ocurre con respecto al alumbrado de los centros educativos.

Comunicaciones. En este caso la energía se necesita para accionar equipos de radio para comunicarse con el mundo externo.

Otros. El alumbrado para las casas comunales y linternas para las faenas de pesca es otra necesidad manifestada por los pobladores.

5. Viabilidad de la solución acorde con las prioridades

A pesar de que el abastecimiento de agua es la prioridad más mencionada, el equipo evaluador considera que en primer lugar se deben resolver algunos problemas muy importantes con respecto a la calidad de agua y/o las fuentes a usar. El agua del subsuelo es una alternativa; sin embargo presenta alta cantidad de óxido y aún no hay información sobre la napa freática de agua limpia. Por otro lado, el uso de aguas superficiales genera grandes dificultades debido a las inundaciones y sequías estacionales, que son extremas.

La atención a las otras necesidades no presenta dificultades similares, por tanto se cree que pueden ser atendibles en el corto plazo.

5.1. La energía solar como alternativa

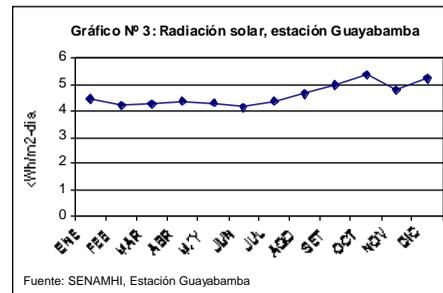
Las fuentes energéticas que pueden usarse en esta zona del Perú se reducen a pequeños

grupos diesel y energía solar fotovoltaica. Lamentablemente la primera opción, ya intentada en los once centros poblados más grandes, sólo ha mostrado resultados negativos.

Las demandas de energía para atender las necesidades de salud, educación, comunicaciones y alumbrado comunal y de instituciones son de pequeñas magnitudes y pueden solucionarse fácilmente con la instalación de sistemas solares fotovoltaicos. Pero para asegurar el éxito, la puesta en marcha de los sistemas debe ir acompañada de una estrategia de fortalecimiento de la capacidad local.

5.2. La radiación solar en la selva

Los niveles de radiación solar en la selva son relativamente constantes durante el año. Para la zona de trabajo se puede considerar una radiación promedio mensual de 4,6 kWh/m²-día, como puede verse en el gráfico 3 de radiación en la estación Guayabamba, cercana a la zona de trabajo.



6. Bibliografía

ITDG (1999). Informe final "Evaluación socioeconómica y técnica de las necesidades de energía en las comunidades del canal de Puinahua". Lima, Perú.

ITDG (1999). Entrevistas y encuestas de campo en el canal de Puinahua. Lima, Perú.

INEL. Información estadística. Lima, Perú.

Municipalidad de Breña. Documentación interna, junio 1999, Iquitos, Perú.

Mayores informes: Rafael Escobar, Programa de Energía de ITDG.
Av. Jorge Chávez 275, Lima 18, Perú
Tel.: (511) 447 5127 Fax: (511) 446 6621
E-mail: rafaele@caj.itdg.org.pe

1 RNPS. Reserva Nacional Pacaya Samiria. Es una de las reservas ecológicas más grandes del país. Está ubicada en el margen izquierdo del canal de Puinahua, por tanto las comunidades del estudio se consideran como zonas de contención de la reserva.

2 Tipo de cambio: 1 US\$ = S / 3.35, junio 1999.

3 Se llama linternas a pequeños artefactos que tienen un tubo de vidrio y utilizan una mecha especial. Estas permiten un mejor transporte que los conocidos mecheros.

4 Estimado según la información del SENAMHI, estación Jenaro Herrera, latitud 4°39' S, longitud 73°30' O, 180 msnm.



Promoción de la micro y mini hidroenergía en el Perú

Teodoro Sánchez-Campos

1. Antecedentes

1.1 Antecedentes generales

Según la bibliografía existente sobre el tema, el acceso a la electricidad para las poblaciones rurales aisladas es uno de los temas más complejos, no sólo por la magnitud del problema –hay cerca de 2000 millones de pobladores rurales en el mundo sin acceso a este servicio (concentrados en los países en desarrollo)– o por las astronómicas cifras de dinero que su solución requiere sino también por las enormes dificultades existentes desde el punto de vista operativo. Entre las más importantes se encuentran los altos costos de transacción y la falta de tecnologías frente a un mercado pobre y aislado, la inexistencia de mecanismos financieros apropiados, la poca capacidad local para el manejo sostenible de los sistemas de generación o suministro y la ausencia de un marco legal e institucional apropiado.

El caso de la electrificación rural del Perú es uno más en este contexto y comparte con muchos otros países los problemas mencionados. Todos estos aspectos se mencionan en el documento “Peru Energy Electrification, Activity Completion Report” correspondiente a un estudio realizado en un esfuerzo conjunto entre ES-MAP e ITDG entre 1996 y 1998. En la actualidad, las cifras del Ministerio de Energía y Minas revelan que sólo el 25% de la población rural peruana tiene acceso a la electricidad; es decir, aproximadamente 1,8 millones de un total de 7,17 millones de pobladores rurales¹. Sin embargo, es importante señalar que durante los últimos ocho años el gobierno peruano ha desplegado un importante esfuerzo por incrementar el acceso de la población rural a este servicio. Así, se ha pasado de un magro 5% en 1993 a 25% en el presente año, es decir, un crecimiento del orden de 2,5% anual.

Sin embargo, lamentablemente no se ha puesto el mismo énfasis en establecer una política y una estrategia coherentes que aseguren su continuación en los años sucesivos. Además, el avance mencionado se ha conseguido a partir de la extensión de redes desde el sistema interconectado y algunos pequeños sistemas de generación. No ha habido una promoción de los pequeños sistemas aislados, a pesar de que el Perú tiene condiciones particularmente favorables para la promoción de

los pequeños y micro sistemas de generación aislados, gracias a su baja densidad poblacional y a sus importantes recursos locales en energías renovables: hidráulica, solar, eólica y biomasa, entre otras.

1.2 Las experiencias de ITDG en la promoción de la hidroenergía en el Perú

A través de su Programa de Energía, desde 1985 ITDG viene fomentando el uso de energías renovables como opciones energéticas para las zonas rurales aisladas. Durante este período ha puesto particular énfasis en la promoción de la hidroenergía a pequeña escala (micro y mini) como una opción apropiada para facilitar el acceso de un amplio sector de la población rural a



Foto 1: Montaje de turbina axial de 25 kW, Las Juntas, Perú

la electricidad². Dicho trabajo incluye de actividades relacionadas con la tecnología y el manejo sostenible de pequeños sistemas aislados de generación de energía, entre las más importantes: estudios de necesidades de energía y capacidades de pago, desarrollo de tecnologías apropiadas y de bajo costo y su transferencia a talleres locales para crear la capacidad tecnológica nacional, modelos de crédito apropiados a nuestra realidad, modelos de manejo sostenible y creación de capacidades locales. Dichas actividades buscan eliminar las barreras que presenta el acceso a la electricidad para los sectores menos favorecidos. A continuación se presentan las actividades más importantes relacionadas con la eliminación de barreras que ITDG ha venido desarrollando.

2. Desarrollo y transferencia de tecnología

Esta actividad está orientada principalmente a eliminar la barrera de los altos costos. En el Perú hay antecedentes sobre la construcción de turbinas hidráulicas desde las primeras décadas del siglo XIX, tanto para la generación de electricidad en pequeñas potencias como para usos en energía mecánica como la molinera de granos.

A pesar de ello, en muchos años no ha sido posible la formación de talleres estables que continúen en el tiempo: las fabricaciones se hacían a pedido y cada fabricante sólo llegaba a construir algunas unidades, con excepción del taller del Sr. Molero en Quillabamba (Cusco), donde entre los cincuenta y los sesenta se construyeron cerca de veinte unidades para luego cerrar completamente. Los primeros intentos de crear capacidad local (o nacional) datan de mediados de la década del sesenta, con algunas tesis universitarias y la contribución de ITINTEC (Instituto Nacional de Investigación, Desarrollo y Normas Técnicas) durante la década del setenta y comienzos de los ochenta. Sin embargo, lamentablemente estos intentos no lograron llegar a los talleres para su producción comercial. Es importante mencionar que durante las décadas del setenta y el ochenta hubo esfuerzos de otras instituciones internacionales, como SKAT (de Suiza) y FAKT (de Alemania), quienes aportaron algunos elementos tecnológicos. Sin embargo, éstas tampoco llegaron a convertirse en alternativas tecnológicas comerciales.

ITDG, consciente de las múltiples dimensiones del problema de la electrificación rural, considera el desarrollo y transferencia de tecnología como piezas claves para abordar el problema en forma integral, especialmente en lo relacionado con una de las barreras más importantes para el acceso de la población rural a la energía eléctrica: los altos costos de los sistemas aislados de energía. Durante su período de trabajo en el Perú (y en menor medida en otras partes de Latinoamérica) ITDG ha hecho varias transferencias de tecnología para crear la capacidad local de fabricación de equipos y el uso de nuevos métodos y técnicas y continúa desarrollando tecnologías aún no usadas en el país para su posterior transferencia. En



Cuadro 1: Tecnologías desarrolladas y/o transferidas y en desarrollo

Equipamiento Rubro	Tipo	Rango de potencia (kW)	Estado actual	Tipo de impacto obtenido ³
Turbinas	Pelton	0,2 - 1,0	Transferida	Bajo costo
		1,0 - 10,0	Transferida	Bajo costo
		10,0 - 250	Transferida	Bajo costo
		250 - 500	Transferida	Bajo costo
	Cross-flow	5,0 - 50	Transferida	Bajo costo
	Turbinas axiales	5 - 50	En desarrollo	Bajo costo
	Turbinas de río	0,3 - 3,0	En desarrollo	Bajo costo
Bombas como turbinas	1,0 - 50,0	En desarrollo	Bajo costo entre 1/4 y 1/3 del costo de turbinas convencionales	
Generadores eléctricos	Generadores de imán permanente	0,1 - 0,5	En desarrollo	Bajo costo
	Motores como generadores	0,2 - 10,0	Transferida	Costos de 1/4 a 1/3 de los generadores síncronos
		>200	En desarrollo	reducción de costo
Regulación	REC para generadores	5 - 200	Transferida	Costo entre 1/5 Y 1/2
	REC para motores en reverso	0,2 a 10	Transferida	Bajo costo
Tubería	Uso del PVC			
Obras civiles				
Canales	Método de las serchas	Hasta 1000	Transferida	Costo 60% de canales por encofrado
Bocatomas	Barraje mixto	Hasta 1000	Transferida	Costo 50% a 60% de costo de convencionales
Desarenador casa de fuerza	Varios modelos de bajo costo	Hasta 1000	Transferida	Bajo costo
Componentes eléctricos				
Cables	Tipo autoportante		Transferida	Costo 60% a 70% de otros

REC - Regulador electrónico de carga

el cuadro 1 se presenta un resumen de los trabajos más importantes de desarrollo y transferencia de tecnología.

El uso de alternativas tecnológicas y los conceptos desarrollados permiten reducir hasta un 50% de los costos típicos, con igual calidad y seguridad y el mismo costo de operación y mantenimiento.

Los costos pueden ser incluso inferiores al 50% usando diseños simples, con la mayor cantidad de materiales locales que sea posible, canales de tierra, postes de madera, mínima inversión en estudios de ingeniería y flexibilidad en las normas sobre uso de materiales y servicios.

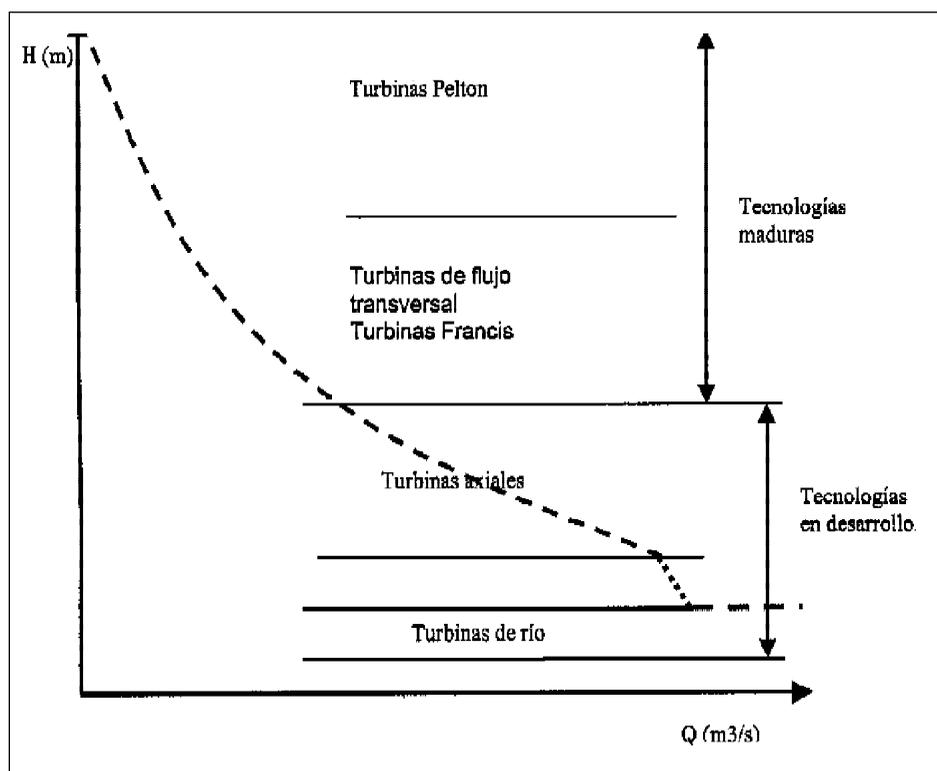
3. Diseminación de las MCH en las zonas rurales del Perú

FONDO DE PROMOCIÓN DE MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Proyecto BID/ITDG

“Un modelo financiero con subsidios y asistencia técnica”

El proyecto “Fondo revolvente para la implementación de microcentrales hidroeléctricas” se inició en 1994 mediante un



Panorama del desarrollo de tecnologías de hidroenergía



convenio entre ITDG y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), sector de apoyo a la pequeña empresa. Este proyecto promueve un modelo financiero que combina el crédito subsidiado con asistencia técnica, involucrando a la comunidad, el gobierno y diversas instituciones de cooperación.

El proyecto se enmarca dentro de la estrategia que ITDG desarrolla desde 1985 en la promoción de microcentrales hidroeléctricas como opción energética para zonas aisladas y que concuerda con la necesidad de promover mecanismos financieros apropiados, corroborada por el estudio ESMAP/ITDG mencionado.

3.1. Las condiciones de crédito y el capital existente

El modelo de créditos está diseñado para financiar la inversión total o parcial de proyectos de implementación de MCH en zonas rurales aisladas, con montos que varían entre US\$ 10 000 a US\$ 50 000, tasa de interés del 8,5% (actualmente 10%), plazos de devolución de uno a cinco años y períodos de gracia variables, dependiendo de la situación financiera del cliente. Las garantías necesarias varían ligeramente según la realidad del cliente y el sector al que pertenecen (público o privado). Los primeros deben demostrar un flujo de caja positivo, incluyendo sus planes de inversión de corto y mediano plazo, mientras que los privados deben presentar garantías reales y prendables por un monto equivalente o superior al 130% crédito solicitado (el equipamiento electromecánico puede formar parte las garantías).

El capital del proyecto asciende a US\$ 700 000, de los cuales US\$ 400 000 corresponden al capital inicial (convenio de 1994) y US\$ 300 000 a una ampliación aprobada por el BID. El último convenio considera un monto de US\$ 50 000 que se usará para apoyar iniciativas de pequeña empresa y generación de empleo haciendo uso de la energía obtenida por los centros poblados beneficiados con la implementación de MCH.

3.2. Los sujetos de crédito

Los sujetos de crédito (clientes) pueden ser individuos o agrupaciones de pobladores de las zonas rurales aisladas del Perú que desean instalar o rehabilitar centrales hidroeléctricas. Éstos pueden agruparse en cuatro categorías: (i) gobiernos locales, generalmente de distritos (municipalidades); ello no excluye a municipalidades de mayor dominio (provinciales), quienes pueden adquirir un préstamo para apoyar a los pueblos pequeños; (ii) productores, campesinos, ganaderos, agricultores u otros trabajadores dedicados a la extracción y transformación de recursos naturales como la madera, a la pequeña

minería, a la transformación de productos agrícolas y/o ganaderos, al turismo, etcétera, que deseen construir su pequeña central hidroeléctrica para dotar de energía a su negocio o empresa (privados); (iii) comunidades campesinas, y (iv) cooperativas, especialmente las cooperativas agropecuarias que aún existen en un número muy pequeño.

3.3. Componentes del proyecto

Aunque el proyecto presenta un gran conjunto de actividades desarrolladas paralelamente por un equipo multidisciplinario, podemos organizarlas en cuatro grandes grupos:

- * Promoción del proyecto y sus beneficios
- * Asistencia técnica y financiera
- * Organización para el manejo sostenible
- * Recuperación de los créditos

3.3.1 Promoción. Este componente comprende actividades de entrega y recolección de información básica hacia y desde las comunidades, identificación de potencial y oportunidades técnicas de acuerdo a las zonas y sus características, oportunidades de colocación de créditos, entrega de información a autoridades y líderes locales, entrega de información a gobiernos regionales y funcionarios del gobierno central (dependencias locales).

La metodología para este componente del proyecto emplea técnicas, materiales y herramientas simples –y quizá hasta primarias– de mercadeo y promoción, como la entrega directa de información, un intenso trabajo de visitas, reuniones y talleres y el intercambio de información con las autoridades y líderes comunales, considerando a los beneficiarios como los propulsores de su desarrollo. Las razones para este tipo de promoción son:

a) Es un proyecto no convencional para un mercado no convencional en el cual se supone que el financiamiento es responsabilidad del Estado. Las técnicas de mercadeo y entrega de información urbanas no se aplican, pues en la mayoría de casos los canales de flujo de información son la comunicación directa, visitas, entrevistas, demostraciones, etc.

b) Es un proyecto que promueve principalmente decisiones de abajo hacia arriba, de consenso entre miembros de la comunidad, autoridades locales y líderes, y luego busca el apoyo de las autoridades de gobierno o instituciones que brinden apoyo mediante el cofinanciamiento o con algunas facilidades.

La realización de talleres regionales o locales con la participación de autoridades, pequeños productores y la comunidad, así como la asistencia a ferias u otros eventos –especialmente de carácter regional o local– forma parte del trabajo de promoción. En lo referente a la información, el Progra-

ma de Energía cuenta con dos folletos claves: uno de ellos describe las condiciones del crédito y forma de financiamiento y el otro los resultados alcanzados hasta ahora.

Finalmente la promoción tiene un subcomponente, que es la evaluación preliminar de proyectos y oportunidades. Esto quiere decir que las visitas a los interesados y/o posibles interesados también son aprovechadas para hacer evaluaciones de recursos y del interés que la población y sus líderes tienen por el acceso a la energía eléctrica.

3.3.2 Asistencia técnica y financiera. Este componente comprende un conjunto de actividades relacionadas con la elaboración de expedientes técnicos y financieros para la justificación del proyecto y del crédito y para su cofinanciamiento, dirección técnica y supervisión de obras, recepción y puesta en marcha de los sistemas y capacitación de operadores y administradores para el manejo eficiente y sostenible.

a) Factibilidad financiera y estudios de ingeniería. Uno de los requisitos para acceder al crédito es presentar un expediente técnico y financiero. Dicho expediente debe contener los documentos de ingeniería en detalle, donde se especifiquen la demanda de energía y sus proyecciones, los recursos energéticos, las obras físicas que se construirán, las máquinas a instalar, etcétera, y el cronograma y presupuesto total requerido para la ejecución del proyecto.

La asistencia financiera incluye el establecimiento de un esquema financiero donde se especifiquen los rubros que serán cubiertos por el crédito (principalmente equipos e instalación) y las posibles fuentes de cofinanciamiento (cuando se trata de centrales hidroeléctricas para municipalidades). Ello permite que en lo sucesivo se pueda trabajar en paralelo en la búsqueda de fondos complementarios, estableciendo compromisos con los cofinancieros. Al cumplirse con dichos requisitos, el interesado presentará un proyecto acompañado de una solicitud de crédito para la evaluación y posible aprobación del Comité de Créditos del ITDG.

b) Supervisión técnica y dirección de obras. Aprobado el crédito, el equipo técnico del Programa de Energía se encarga de la supervisión técnica, de la implementación de obras y de su cumplimiento según los cronogramas, y la consultora (AFIDER) se encarga de la supervisión de los gastos según los compromisos acordados. En la mayoría de casos los clientes optan por dar a ITDG la función de supervisor de toda la obra, incluyendo las actividades correspondientes a los cofinanciamientos. La labor del supervisor demanda también la elaboración de bases de contratos para proveedores de equipos



y materiales, la participación en la selección de contratistas y/o consultores, supervisión de la fabricación, transporte e instalación de equipos y puesta en marcha de la central.

c) Recepción de obras y puesta en marcha. Cada central es implementada de una manera diferente, según los requerimientos y preferencias de los usuarios. En la mayoría de casos las autoridades locales prefieren que ITDG se encargue directamente de las obras de implementación. Sin embargo, los privados prefieren asumir una función protagónica en la implementación de obras y limitan la participación de ITDG a la asesoría. Ello también significa algunas diferencias en la recepción de obra, que requiere de pruebas y control de calidad.

d) Capacitación. El trabajo de capacitación es fundamental para asegurar la operación y adecuado mantenimiento de la central. Como estrategia general los potenciales operadores de la central son elegidos al inicio de las obras de implementación y participan en todas las fases de construcción, de modo que reciben una amplia capacitación durante la ejecución de la obra. Además, y una vez concluidas las obras, reciben capacitación en el tema de mantenimiento y operación.

3.3.3 Organización para el manejo sostenible. La organización y la capacitación para la gestión son tanto o más importantes que la implementación del sistema (ver detalles sobre el modelo utilizado en sección posterior). De este componente depende en gran medida el futuro de la central, de modo que demanda un enorme esfuerzo.

Como en los otros componentes, el esfuerzo que despliega ITDG es diferente tratándose de propiedades de la municipalidad o de propietarios privados. En el primer caso, las actividades de organización y capacitación van desde el inicio de la ejecución de obras –con una identificación o preidentificación de posibles can-



Foto 2: Uso de la energía en una granja de pollos, MCH Yumahual, Cajamarca-Perú.

didatos a cumplir con este trabajo– hasta el reclutamiento y capacitación propiamente dicha para la finalidad específica. El trabajo se hace en forma coordinada con las autoridades y líderes locales, pero informando a los usuarios. Para las centrales de propiedad privada este tema es sencillo, pues de antemano hay varios elementos definidos: el responsable de la operación y mantenimiento es elegido por el dueño del sistema, el modelo administrativo y el responsable de la administración también están definidos. Hasta la fecha, y sin excepción, estas responsabilidades están a cargo de la familia.

3.3.4 Recuperación del crédito. La recuperación del crédito es una labor importante y complicada a la vez: requiere de un seguimiento cuidadoso a los clientes, consultas frecuentes al banco, notas de aviso sobre vencimiento de sus pagos, etc. En el caso de retrasos o no pago, los contratos de crédito contienen las reglas de juego que permiten acciones legales para la recuperación. Hasta el momento no se ha presentado ningún caso de acciones de fuerza. Mediante un acuerdo entre el BID e ITDG, se contrató a una pequeña consultora (AFIDER), que se responsabiliza de la recuperación del crédito, además de las evaluaciones financieras de cada proyecto. Esta institución cobra el 1,5% del saldo pendiente de pago cada fin de año por el trabajo de recuperación y US\$ 700 como un monto fijo por cada evaluación financiera.

3.4 Instituciones involucradas

BID. Aporte del capital inicial de trabajo antes mencionado y parte de los recursos para la asistencia técnica de US\$ 120 000 de acuerdo al primer convenio y US\$ 190 000 en el segundo convenio. Mantiene el monitoreo durante la ejecución de la primera ronda de colocaciones en cada uno de los convenios.

ITDG. Ejecutor del proyecto y responsable de éste, devolverá el capital de trabajo al BID en un plazo de veinticinco años en condiciones blandas, con un período de gracia de ocho años. Hace el trabajo de promoción; evaluaciones técnicas y socioeconómicas de viabilidad; asistencia técnica; organización y capacitación a los futuros operadores y administradores de las centrales; coordinación con organizaciones cofinancieras sobre sus aportes y los compromisos establecidos; asistencia a AFIDER con información técnica financiera y socioeconómica para que efectúe las evaluaciones mediante un equipo de proyecto. Asimismo, evalúa y aprueba o desaprueba los créditos a través del:

Comité de Crédito. Contribuye con recursos económicos para la asistencia téc-

nica (más de US\$ 250 000 entre 1994 y el 2000, y un monto similar durante los próximos cuatro años). El aporte de ITDG es posible gracias al apoyo de organismos privados internacionales que vienen contribuyendo activamente con este proyecto.

AFIDER. Es una institución independiente localizada en la ciudad de Cajamarca, al norte del país. Es responsable de la preparación del expediente financiero para la solicitud de crédito (como parte de la asistencia a los clientes), evaluación de garantías, recuperación de los créditos y las acciones legales en caso necesario.

Cofinancieros. Son las organizaciones que proveen fondos no reembolsables para complementar el financiamiento de las centrales. Como ya se mencionó, hay un variado número y tipo de éstas. Las más importantes son el gobierno central y regional a través de FONCODES⁴, seguida por los propios gobiernos locales y algunas organizaciones no gubernamentales. Hay otras que principalmente financian obras, la parte *hard*. Entre las cofinancieras también hay instituciones que aportan fondos no retornables que están permitiendo la continuación de los trabajos de promoción, organización, capacitación y otros: la parte *soft*.

Sujetos de crédito. Son los propietarios de las centrales y quienes solicitan los créditos.

4. La sostenibilidad de los proyectos de electrificación rural

La sostenibilidad de los proyectos de electrificación rural es un tema sumamente importante pero no resuelto. La visión de ITDG con respecto a este tema es que la sostenibilidad es un problema multidimensional que está relacionado con las diferentes barreras que existen para la electrificación rural. La más importante es la falta de capacidad local para el manejo eficiente de los sistemas.

Un estudio de rendimiento *ex-post* de sistemas aislados de generación desarrollado mediante un proyecto ESMAP-ITDG entre 1996 y 1998, demuestra que en todos los casos, incluidos aquellos que están en manos del Estado, tienen serias dificultades para poner en marcha esquemas de manejo eficiente. El mismo proyecto permitió el diseño de un modelo de gestión denominado “Servicios de gestión de sistemas eléctricos aislados”, que se describe a continuación y que ha sido probado con mucho éxito en la microcentral del centro poblado Conchán, situada al norte del Perú. Actualmente está siendo replicado en otras instalaciones.



4.1. El modelo

El principio central de este modelo es el manejo o gestión eficiente del servicio. En el medio rural peruano, el manejo eficiente tiene que ver con responsabilidades bien definidas contra beneficios bien definidos, tanto por el lado de los propietarios de los bienes (en este caso la microcentral) como por los usuarios y los responsables del manejo. El modelo consiste en la entrega por parte del propietario del sistema de generación –en este caso el pueblo o la comunidad (representado por su alcalde o líderes organizados)– a una microempresa privada bajo un contrato específico de mediano o largo plazo, términos de referencia claros y específicos y respetando el marco legal vigente. El modelo requiere entonces de tres actores principales: el propietario, los usuarios y la empresa prestadora de servicios de gestión.

El propietario. El propietario es el dueño de la central. En pequeños centros poblados el dueño normalmente es la municipalidad (aunque en términos generales la propiedad municipal es del pueblo). Además, en todos los casos donde la gestión y la responsabilidad por el crédito son asumidas por el gobierno local, es lógico que la propiedad se encuentre en sus manos, constituyéndose en la dueña de este activo. En los otros casos (comunidad, personas o cooperativa) la situación de la propiedad es más clara y definida.

La empresa. La empresa se responsabilizará de la gestión y es conveniente que sea local, reclutada por concurso público y respetando las normas legales vigentes. Sin embargo, el “reclutamiento de la empresa” no es simple ni inmediato, pues en los pequeños centros poblados aislados normalmente no existen tales empresas. Así, el recurso *ad hoc* adoptado en el proceso es reclutar con cartas de intención mediante un proceso formal a posibles empresarios. Una vez evaluadas las propuestas de los concursantes y definida la “ganadora”, ésta hará las gestiones correspondientes para inscribirse legalmente como tal luego asumir la gestión de los servicios eléctricos. En el proceso de reclutamiento participa la asamblea de usuarios y el propietario, además de un comité de vecinos para que la elección resulte democrática.

Los usuarios. Es la población que recibirá el servicio de veta de energía eléctrica y que se dispone a pagar una tarifa.

4.2. Aspectos complementarios al modelo

Si bien es cierto que el modelo presentado tiene un éxito innegable, también es necesario aclarar que éste requiere de algunos elementos complementarios pero esenciales, como esquemas de tarifas, reglamentos de funcionamiento del servicio,

contratos entre el propietario y la empresa, contratos entre la empresa y cada usuario, capacitación y un plan para poner en funcionamiento la empresa. Aunque todos los elementos complementarios son importantes, el tema sobre tarifas quizá es el más complicado, ya que tiene que ver con el dinero que deberá pagar cada una de las familias que accederán al servicio, más aún si se trata de comunidades aisladas. Por tanto, en el siguiente acápite se hace un resumen del esquema tarifario.

4.3. Esquema de tarifas para un modelo sostenible

Como se ha dicho líneas arriba, la elección de la tarifa a utilizar en un pequeño sistema de servicios eléctricos hasta ahora es complicada, por decir lo menos. Hay diversas experiencias que incluyen varios esquemas, entre ellos: tarifas “planas” –es decir, un monto único independiente del consumo–, “diferenciadas por tipo de aplicación” –que generalmente distingue usos domésticos de comerciales y productivos–, “reguladas por el Estado” y otras. El modelo que se describe a continuación ha sido desarrollado por ITDG con el fin de complementar el modelo de gestión explicado, llamado “modelo de bloques descendentes”.

Este modelo tarifario necesita de la presencia de medidores de energía y el cobro es de acuerdo al consumo, donde los costos por kW van descendiendo según el consumo: los primeros tienen un alto precio y luego van disminuyendo hasta un tope mínimo. El modelo que ITDG está promoviendo es como sigue:

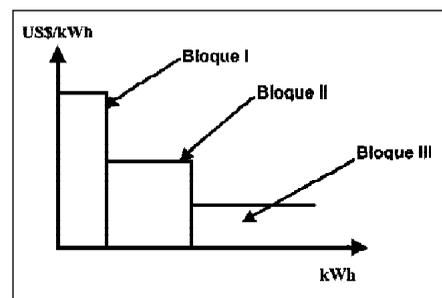
El primer bloque tiene un costo. Es recomendable y conveniente que se encuentre por encima de la tarifa promedio para zonas rurales, en el caso del Perú, la BT-5 es fijada por la Comisión Nacional de Tarifas (CNT).

El segundo bloque debe estar alrededor de la tarifa promedio para zonas rurales, mientras que el tercer bloque es de costos promocionales y, por tanto, debe ser bajo, pero teniendo cuidado que no afecte a las recaudaciones. Además, se establece un pago mínimo razonable que asegure una recaudación mínima y que puede considerarse como un pago por el derecho al acceso a la energía. Este costo debe ser inferior al equivalente al consumo total del bloque (ver ejemplo, caso Conchán).

4.4. Algunas características favorables del esquema tarifario de bloques descendentes

a) Recaudación

* El consumo de un alto porcentaje de la población rural es muy pequeño: en el caso peruano oscila entre 10 kWh y 20 kWh por mes, por tanto un modelo de



Esquema de tarifas

esta naturaleza asegura una recaudación básica a partir del pago mínimo.

- * El “alto costo por unidad de energía” del primer bloque permite mejorar la recaudación con aquellas familias que superan el consumo mínimo.
- * Las familias que tienen el consumo mínimo difícilmente superan el primer bloque, sin embargo, no necesariamente son las más pobres, en algunos casos pueden inclusive estar por encima de aquellas de economías medias, pero que por el alto tiempo dedicado a sus labores agrícolas están fuera de sus casas. El uso de la energía es con fines de iluminación y TV.
- * Las familias de economía media y los “ricos” difícilmente superan el segundo bloque, sin embargo éstos llegan a tener más de un televisor y algunas veces hasta algún equipo de frío (en climas calientes), refrigeradora.

b) Pago acorde al consumo

El modelo tarifario tiende a ser lo más justo posible porque a mayor consumo (aunque diferenciado) hay un mayor pago, y puede suceder con las tarifas planas u otras.

c) Promoción de usos productivos

Aquellos que superan el bloque 2 normalmente usan la energía para fines productivos, es allí donde el costo bajo de la energía se convierte en una manera de animar al pequeño empresario para invertir y hacer uso de la energía. Las experiencias obtenidas hasta la fecha en el caso Conchán son reveladoras.

5. Limitaciones y/o problemas encontrados

A continuación se mencionan las principales limitaciones y/o problemas que se han encontrado en la estrategia de trabajo del ITDG:

- * En el tema de desarrollo y transferencia de tecnología, se han encontrado serios problemas relacionados a recursos económicos, los cuales son muy escasos, tanto de procedencia nacional como internacional, convirtiéndose en un desafío que muchas veces causa frustraciones o grandes preocupaciones.



- * En el tema de créditos lo más complicado es la dificultad para asegurar el financiamiento, por lo tanto, esto demanda un enorme esfuerzo por parte de los propietarios o usuarios y por parte del ITDG. Un compromiso firme del Estado en este tema podría ser de enorme beneficio para acelerar el proceso.
- * En el caso de las microempresas de gestión que se forman para la administración, se presentan varias limitaciones, especialmente, debido a la pobreza y a la falta de conocimientos e iniciativa empresarial, sin embargo, quizá el tema más complicado es la vigencia de un marco legal y tributario sumamente complicado y diseñado para zonas urbanas.
- * Entre otros problemas de carácter general está la exigencia de normas no solamente en lo relacionado con los materiales sino también en lo que respecta a la dotación de energía por familia, hechas bajo conceptos urbanos.
- * La población está fuertemente influenciada por una serie de prejuicios desde hace muchos años, entre ellos, "la cultura del no pago" debido a la creencia de que la electricidad es un derecho que el Estado les debe proporcionar, creencia que normalmente es fuertemente impulsada por los polí-

ticos irresponsables que difunden ideas al respecto.

- * La intromisión política en el manejo de los sistemas y en lo relacionado a tarifas y otros temas.

6. Bibliografía

- * "Peru Rural Electrification Activity Completion Report" (en edición). ESMAP-The World Bank.
- * "Aspectos de la electrificación rural en el Perú", The World Bank Workshop, abril 1997. Autores: Teodoro Sánchez-Campos, Michel Del Buono, Alfonso Carrasco V.
- * "La sostenibilidad de los proyectos de electrificación rural", presentado en el Taller sobre Modelos de Gestión para Sistemas Fotovoltaicos en el Perú, organizado por el Ministerio de Energía y Minas y la Universidad Nacional de Ingeniería, agosto 1998. Autor: Teodoro Sánchez-Campos.
- * "Las variables de ingreso y gasto monetario como criterios básicos para la identificación de mercados de energía en áreas rurales", presentado en el VIII Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos, Ecuador, 1999. Autores: Teodoro Sánchez-Campos, Rafael Escobar Portal.

- * Documentos de investigación sobre factores claves para la implementación exitosa de sistemas rurales aislados, tema en desarrollo del autor para optar el título de PhD, en The Nottingham Trent University, UK.
- * Documentos de trabajo elaborados por el Programa de Energía.

Mayores informes: Teodoro Sánchez, Programa de Energía de ITDG.
Av. Jorge Chavez 275, Lima 18, Perú
Tel. (511) 447 5127 Fax (511) 446 6621
E-mail: teo@itdg.org.pe

- 1 Según el Instituto Nacional de Estadística (INEI) la población total proyectada para mediados del 2000 fue de 25,6 millones, 72% urbana y 28% rural.
- 2 Una amplia mayoría de la población rural está localizada en las zonas andinas y en las zonas de transición entre sierra y selva (ceja de selva) donde también se encuentran importantes recursos hidráulicos aprovechables para la generación de energía.
- 3 Se entiende bajo costo en comparación con otras marcas importadas o nacionales, sin bajar la calidad.
- 4 FONCODES, Fondo Nacional de Compensación Social, es un organismo descentralizado del Ministerio de la Presidencia responsable de la ejecución de proyectos de apoyo al desarrollo social con inversiones del Estado a fondo perdido.

Sistema de bombeo de agua en "El Lirio"

Celso Dávila

1. Antecedentes

El proyecto de agua potable "Manuel Vásquez Díaz" nació como iniciativa de la ronda campesina de Bambamarca a inicios de 1995. Para ello se estableció contacto con el Departamento de Acción Social (DAS)¹, que los asesoró, y se logró el financiamiento para la ejecución del proyecto a través de MISEROR². La comunidad se comprometió a colaborar con mano de obra no calificada, materiales de la zona y transporte local.

La altitud promedio de la zona es de 3500 msnm. Para llegar se dispone de la carretera afirmada Cajamarca-Hualgayoc, con un tiempo de viaje de cuatro horas en camioneta. Para el acceso a los diferentes caseríos hay trochas carrozables y/o caminos de herradura.

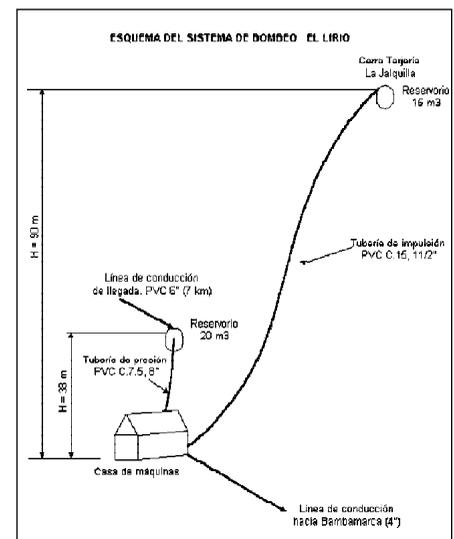
Para este proyecto el agua proviene de los manantiales existentes. En épocas de estiaje se logra captar hasta veinte litros por segundo. La línea de conducción principal está hecha de tuberías de PVC con diámetros de 8, 6, 4 y 3 pulgadas, lo que hace un total de 27 500 metros.

Debido a la topografía agreste de la zona fue necesario construir cuatro sifones invertidos, uno de los cuales tiene una longitud de 3600 metros y una altura con respecto a la línea piezométrica de 205 metros. Para el almacenamiento se cuenta con veintinueve reservorios de diferente capacidad, entre los que destacan dos reservorios de 100 m³ cada uno.

El proyecto, que concluyó en noviembre de 1999, beneficia a 1500 familias de diecisiete caseríos de los distritos de Hualgayoc y Bambamarca, en la provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Estas familias cuentan con un servicio de agua potable a domicilio que incluye medidores de caudal, y está en proceso la inscripción de la asociación para la prestación del servicio y su correspondiente administración.

2. Agua potable en "El Lirio"

Dada la configuración del terreno, tres caseríos comprendidos en el proyecto estaban en peligro de quedarse sin ser-



vicio de agua potable (Cumbe Lirio, Cumbe Chontabamba y Lucma La Unión) por encontrarse en la parte más alta de la zona, lo que hacía imposible la instalación de sistemas por gravedad. Estos tres caseríos tienen aproximadamente trescientos habitantes y por lo general



se abastecían con agua de lluvia (almacenada en pequeños pozos) o de manantiales que, por un lado, se “secan” en épocas de estiaje, y por otro, se encuentran lejos de las viviendas, lo que obliga a acarrear el agua en tempranas horas del día y almacenarla en baldes o bidones. Este trabajo solía ser ejecutado por mujeres y niños.

Ante este hecho, el DAS se contactó con TEPERSA³ para solucionar este inconveniente y brindar agua potable a estas familias.

2.1. La propuesta

Después de una visita y evaluación de campo, se propuso la instalación de una “estación de bombeo” que permitiera elevar el agua desde la caseta de bombeo al reservorio de distribución que está ubicado en el cerro Tercera, en el paraje denominado Jalquilla, en el caserío de Cumbe Lirio.

La idea era captar el agua en el punto final del sifón más grande, conducirlo por una tubería de presión y accionar una turbina que, a su vez, accionaría una bomba alternativa, elevando el agua a una altura de 105 metros (ver esquema de instalación).

Dado que sólo se requiere de cuatro horas de funcionamiento de la bomba por día para satisfacer las necesidades de la población, se aprovechó el recurso sobrante para la generación de energía eléctrica y para cargar baterías⁴, iluminando el local comunal, el colegio, el centro de salud y otros.

Los principales equipos para el sistema de bombeo y cargador de baterías (bomba alternativa, turbinas, generador de inducción y controlador de generador de inducción) fueron suministrados por TEPERSAC, empresa que recibió la transferencia de tecnología para la fabricación de estos equipos por parte de ITDG.

2.2. Características de la instalación

- * Cámara de carga. Es un reservorio de 20 m³ que se encuentra al final del sifón más grande. Cumple la función de cámara de carga.
- * Tubería de presión. Va desde la cámara de carga hasta el ingreso de la turbina y está instalada en tubería de PVC de alta presión (clase 7.5, 8”). Tiene una longitud de 80 metros y un salto bruto de 33 metros.
- * Caseta de bombeo. Está construido de ladrillo y techo de calamina y tiene un área de 30 metros.
- * Turbinas. El sistema cuenta con dos turbinas Pelton: una de 150 mm de diámetro capaz de generar una potencia de 3 kW en el eje, que sirve para accionar un

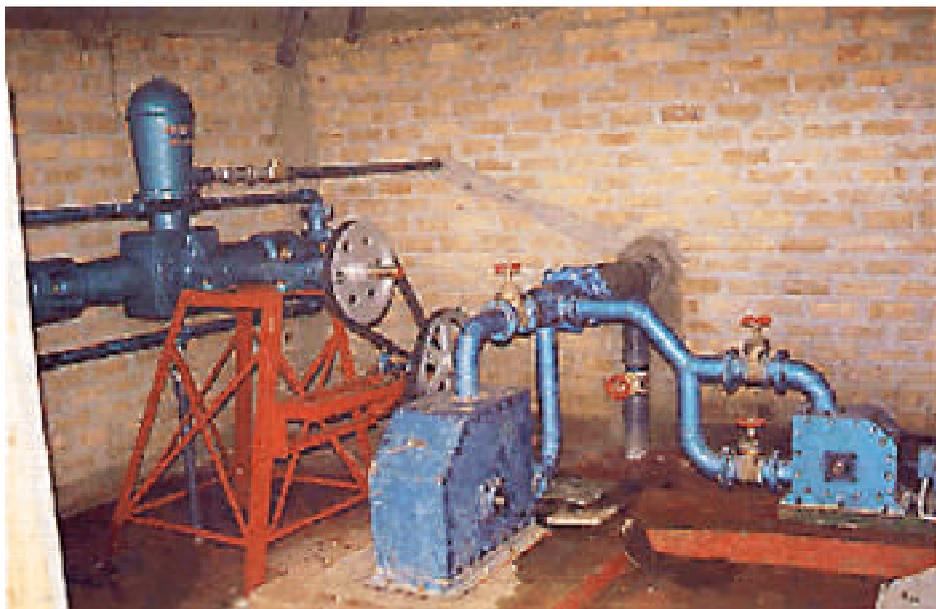


Foto 1: Equipos instalados (bomba, turbinas)

generador de inducción (motor como generador), y la otra de 250 mm de diámetro que sirve para accionar la bomba de agua mediante fajas y poleas.

- * Bomba de agua. Es una bomba alternativa de dos etapas con una capacidad de impulsión de 1 l/s a una altura de 90 m. Ésta operará un promedio de cuatro horas al día.
- * Cargador de baterías. Este sistema está compuesto por el generador de inducción (220 V, 60 Hz, monofásico), el regulador de generador de inducción y un equipo cargador de baterías.
- * Línea de impulsión. Está conformada por una tubería de alta presión (clase 15) y 1 1/2 pulgada de diámetro. Tiene una altura de bombeo de 90 metros y 700 metros de longitud hasta el tanque de almacenamiento.
- * Tanque de almacenamiento. Construido en concreto armado, tiene una capacidad de 15 m³. A partir de él se distribuye el agua a los tres caseríos beneficiados por este sistema.

3. Conclusiones

El sistema viene funcionando desde fines de 1999 en forma ininterrumpida, suministrando agua potable a trescientos habitantes de los caseríos Cumbe Lirio, Cumbe Chontabamba y Lucma La Unión y con el servicio de cargado de baterías.

En el sistema se encuentran instalados dos turbinas. Tal como mencionamos, una es de 150 mm de diámetro y genera energía eléctrica con un motor de inducción como generador, y otra es de 250 mm y sirve para accionar la bomba que impulsa el agua hacia el cerro a razón de 1 l/s.

Las turbinas fueron fabricadas por TEPERSAC, pequeña empresa dedicada a la fabricación e instalación de turbinas para micro y minicentrales hidroeléctricas y de aerogeneradores, bombas manuales, equipos de bombeo y paneles solares.

TEPERSAC recibió de ITDG la transferencia de tecnología para la fabricación de turbinas tipo Pelton y turbinas axiales (bajas caídas), aerogeneradores y reguladores electrónicos para usar motores como generadores. En los tres últimos años ha fabricado y vendido más de veinte turbinas hidráulicas en el rango de 1 kW a 300 kW para igual número de centrales hidroeléctricas. También se exportó a El Salvador y Bolivia. Actualmente está en capacidad de fabricar turbinas axiales, turbinas crossflow, pequeños aerogeneradores y otros equipos.

Mayores informes: Ing. Celso Dávila Vásquez, Calle Viña Taberno Mz. F Lte 10 Urb. Los Parrales de Surco, Santiago de Surco, Lima, Perú, Tel.: (511) 257-2921. E-mail: celsodavila@viabcp.com.

- 1 El DAS es una organización sin fines de lucro que viene promoviendo el desarrollo y mejora de las condiciones de vida de la zona rural de Cajamarca (Perú) desde 1978.
- 2 MISEROR es una organización alemana que brinda ayuda a poblaciones rurales.
- 3 TEPERSAC es una pequeña empresa consultora y fabricante de equipos para energías renovables (turbinas, bombas, aerogeneradores y otros).
- 4 Los diecisiete caseríos no cuentan con servicio eléctrico y algunas familias están usando las baterías para el alumbrado doméstico. El lugar más cercano para la recarga es la ciudad de Bambamarca, con un costo de S/. 3 además de los gastos de transporte.



DISTRIBUCIÓN
GRATUITA

IX ENCUENTRO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE SOBRE PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROENERGÉTICOS

5 al 9 de noviembre
del 2001
Ciudad de Neuquén
Argentina



IX ELPAH

PATAGONIA ARGENTINA

Entidades organizadoras:



Departamento de Mecánica Aplicada / Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Comahue



Red Latinoamericana de Hidroenergía

Informaciones: Comité organizador IX ELPAH
Laboratorio de Máquinas Hidráulicas
Departamento de Mecánica Aplicada
Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional del Comahue
Buenos Aires 1400 / (8300) Neuquén, Argentina
Tel: 54-299-4490300 (int. 404) / Fax: 54-299-4422836

IMPRESSUM

HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en micro hidroenergía. HIDRORED es publicada tres veces al año por el Programa de Energía de ITDG-Perú.

Comité Editorial

Teodoro Sánchez, ITDG-Perú
Walter Canedo, CINER-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
México (Xalapa):
Claudio Alatorre
Perú (Lima):
Teodoro Sánchez

Editores

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

Coordinación

Saúl Ramírez

Producción

Pilar Coloma

Diagramación

José Rodríguez

Corrección de estilo

Diana Cornejo

Impresión

ALL arte gráfico

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



ITDG es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas. ITDG tiene oficinas en África, Asia, Europa y América Latina. La oficina Regional para América Latina tiene sede en Lima-Perú y trabaja en las líneas de Agroprocesamiento, Riego, Energía, Desastres, Gobiernos Locales, Vivienda, Agua y Saneamiento y Tecnologías de Información y Comunicación.

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

EDITORIAL

Tal vez más que por su contenido (que son dos contribuciones relativamente largas), este número de otoño del año 2000 destaca por ser el primero que simultáneamente se publicará en el Internet. Con ello, alcanzaremos una de las metas que nos habíamos planteado y de hecho, el ciberespacio se está volviendo cada vez más el medio de fácil acceso para los que estamos en lo que es la pequeña eólica. Hace tres años, cuando dimos forma a la propuesta de continuación de la revista para nuestro Ministro, presentimos la necesidad de incluir una transición al medio electrónico. Por entonces, el hacer una "página Web" nos parecía

algo muy difícil que debiera dejarse a los especialistas. Pero ni idea teníamos de que el Internet avanzaría a pasos tan gigantescos. Hace un año ya publicamos las ediciones anteriores de *Pequeños Molinos de Viento* en el "homepage" de Arrakis y ni se nos hizo tan difícil. ITDG recién revisó su sitio anterior y digitalizó su órgano *HIDRORED* con *Pequeños Molinos* incluido.

El reto principal, sin embargo, siempre tendrán que ser los avances en la vida real de los que poblamos esta Tierra. Lo que ofrece el ciberespacio, al final lo tendremos que transformar a soluciones reales y tangibles. Eso no es fácil y lo tendremos

que hacer nosotros. Al final de cuentas, es la manera en que puedan beneficiarse también los que no están conectados.

Falta un número para que se concluya este nuevo ciclo de dos años, financiado por el Ministro. Entre los que tenemos computadora, ya sabemos que seguiremos tejiendo una red de información cada vez más densa. El reto está en los que no tienen acceso. Hay que evitar que pronto la Humanidad se divide entre los que están conectados y los que no lo están. La próxima vez les informamos.

Remi Rijs
Arrakis-RED

Aerobomba de IT POWER bajo prueba en diferentes países

A pesar de contar con un mercado potencial importante, el aerobombeo tradicional ha perdido mucho terreno,

sobre todo porque muchos sistemas comerciales ya han quedado obsoletos en cuanto a su diseño, volviéndolos innecesariamente costosos y difíciles de manejar e instalar.

La nueva aerobomba de IT Power está dirigida a solucionar este problema para el sector de los pequeños agricultores y las comunidades. Al aprovechar nuevos métodos de diseño y materiales modernos, conjunta una alta capacidad de bombeo con facilidad de construcción y mantenimiento y una alta confiabilidad. Un aspecto llave durante todo el desarrollo ha sido la comunicación con los posibles productores en varios países.

Inicialmente se recibió apoyo de la Comisión Europea dentro del Programa *JOULE I R&D* y después de *DfID* del Reino Unido. El segundo proyecto comprendía tres fases: (I) de julio 1993 a marzo 1995, cubriendo el desarrollo inicial y los ensayos de un prototipo preliminar; los primeros contactos con posibles productores de países en vías de desarrollo y un estudio detallado del mercado para aerobombas;

(II) de mayo 1995 a octubre 1997, con la continuación del desarrollo del producto y una transferencia inicial a contrapartes identificadas; (III) desde mayo 1998, iniciando las pruebas del equipo bajo condiciones locales y la subsiguiente comercialización en los países de destino.

El Concepto de la Aerobomba de IT Power

La aerobomba de IT Power cuenta con una transmisión reductora novedosa que a la vez transforma el momento de la bomba en una carga cuasi constante, con la finalidad de eliminar el típico problema de arranque común en las aerobombas tradicionales. La transmisión, bautizada el *Reciprocador Epicíclico Ovalado* (ver Figura 1), consiste de una caja con dentado interno que gira alrededor de un piñón montado en el eje del rotor y convierte el movimiento giratorio en otro recíproco requerido por una bomba de pistón convencional.

El prototipo preliminar de la aerobomba contaba con un rotor de 3 m de diámetro, 16 aspas y una velocidad relativa de la punta de pala de 1.5, ofreciendo un par de arranque alto a un peso y costo reducidos. La torre, descansando en tres puntos y construida de elementos angulares de acero, fue articulada para facilitar el montaje y mantenimiento desde la superficie.

Ensayos y Desarrollo del Prototipo

Los ensayos de duración del equipo, instalado en *Silsoe College, Cranfield, UK* en diciembre 1993, confirmaron

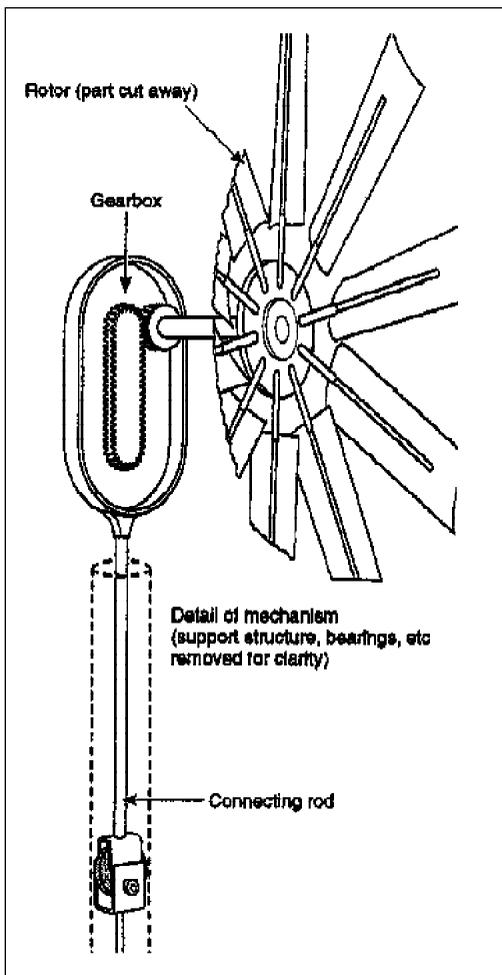


Figura 1: Parte superior de la transmisión de la aerobomba de IT Power con la caja, barra de conexión y conector al vástagos.

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

la efectividad y confiabilidad de la transmisión y de los otros elementos cruciales del diseño, induciendo *DfID* a otorgar un apoyo adicional para el período de mayo 1995 a octubre 1997.

En julio 1994, representantes de seis organizaciones (de Zimbabwe, Botsuana, Indonesia, Mongolia y dos de la India) fueron invitados a Silsoe para un seminario de demostración. Los resultados de los ensayos y la retroalimentación recibida incentivaron algunos cambios del diseño. El principal, siguiendo las indicaciones del estudio del mercado, fue la reducción del diámetro del rotor a 2 m. Asimismo, se mostró la importancia de seguir mejorando el reductor y en especial la transmisión en su conjunto.

El tamaño reducido del rotor y del par disponible conllevaba la búsqueda de una caja más liviana sin hacer concesiones a su resistencia. Requerimientos adicionales para la reproducción comercial eran la sencillez de diseño y el uso de materiales y métodos comunes, implicando un funcionamiento poco sensible por las tolerancias en la producción.

En el concepto original, la caja misma integraba un dentado interno de acero fundido y estaba acoplada directamente al vástago; el movimiento fue guiado por una cresta central. Después de un análisis detenido de la geometría y las características de la carga, se optó por un dentado de plástico externo montado sobre un cuerpo central, y una caja de acero fundido. La razón de transmisión se estableció a 4.9:1 para evitar que el dentado cada revolución hiciera contacto en el mismo punto, contribuyendo así a un menor desgaste.

Los problemas de vibración a velocidades altas, se solucionaron al restringir la libertad de movimiento de la caja. Después de experimentar con varios mecanismos, se escogió una configuración, en que una barra encerrada en una columna tubular está limitada en su movimiento vertical. Todos estos cambios fueron implementados en el prototipo II.

Segundo Prototipo

En términos cualitativos el funcionamiento del segundo equipo ha sido excelente como se comprobó durante los ensayos continuados en el Reino Unido. La transmisión y el mecanismo de restricción han funcionado sin problema alguno y operan muy suavemente, así como el mecanismo de des-

orientación. En las pruebas, se usó una bomba de perforación de 50 mm con un desplazamiento de 353 mm como impuesto por el *Reciprocador*. Las mediciones incluían la velocidad del viento a la altura del rotor, la frecuencia de la bomba, el flujo producido y la profundidad de bombeo (aplicada artificialmente). Los datos se registraron como valores promedios sobre 10 minutos, calculados con base en lecturas instantáneas a 0.5 Hz y una clasificación en intervalos de 0.5 m/s. A una profundidad de bombeo de 17.5 m, el equipo mostró una velocidad del viento de arranque de 3.0 m/s y una velocidad de desalineamiento al viento de 11 m/s. La eficiencia hidráulica máxima es de 21%.

Contrapartes Locales

Ya en el año 1994, el primer prototipo fue enseñado a las contrapartes candidato. En la fase II, fueron invitados a Inglaterra otros productores de China, India y Sudáfrica. Finalmente, después de una valoración *in situ* de las capacidades de producción locales, se formó un núcleo de cuatro productores, en China, India, Sudáfrica y Zimbabwe (ver *PMV*, edición anterior). Las contrapartes firmaron un convenio de confidencialidad, permitiéndoles el acceso a los dibujos del diseño, y se comprometieron cada uno a producir un prototipo destinado a los ensayos de campo locales; los gastos fueron cubiertos por parte por el productor local y por parte a través de una donación de *DfID*. A un plazo más largo, se convendría una licencia que otorgara a cada productor el derecho exclusivo de producir y vender la aerobomba en su región.

Después de erigirse el segundo prototipo en *Silsoe College*, los dibujos fueron enviados a las contrapartes para emprender la reproducción local. En octubre 1997, un ingeniero de IT Power las visitó con objeto de juntar las experiencias en cuanto a la producción y el apoyo requerido para la comercialización. Se observó una diversidad considerable entre un país y otro en lo que son: la disponibilidad de materiales (imponiendo la necesidad de especificar alternativas adecuadas); capacidad local de producción y costo de ciertos componentes (como piezas de fundición). Asimismo se presentaron como futuros detalles para enriquecer el diseño, la incorporación de un mecanismo de desorientación que pudiera ser operado

desde abajo y de una plataforma para efectuar pequeñas tareas de mantenimiento en la torre misma.

Ensayos de Campo y Comercialización

En colaboración con *Manx Wind Energy (UK)* se diseñó un equipo de monitoreo de las pruebas que cumpliera los siguientes requerimientos: facilidad de envío al exterior; facilidad de instalación; alimentación autónoma; almacenamiento de datos sencillo y confiable (no todas las contrapartes disponían de una PC); a prueba de la intemperie y resistente; económico. Comprende un registrador de datos *NRG* con anemómetro de copas y veleta y un medidor del flujo de rueda de paletas; los datos son cargados en un dispositivo insertable, que es enviado al Reino Unido para su lectura; la alimentación del equipo es suministrada por dos pequeños paneles solares.

Las pruebas de las cuatro aerobombas comenzaron en marzo 1999 y tomarán un año entero. El propósito es obtener claridad en cuanto al funcionamiento en situaciones de campo diversas y brindar información de entrada para finalizar el diseño. Los cuatro sitios difieren considerablemente entre sí, con niveles freáticos de 12 m a 40 de profundidad y una velocidad del viento anual estimada entre 3.5 m/s y 6.5 m/s.

En la tercera fase del proyecto también se atenderá en detalle la comercialización del equipo y la expedición de las licencias. Asimismo, este año de ensayos se mostrará necesario para convencer a los potenciales clientes (los agricultores privados, ONGs, entidades de gobierno, etc.) de las capacidades y la calidad de la aerobomba. Confiando en que los ensayos salgan exitosos, se supone que cada contraparte elabore un plan para emprender la producción comercial del equipo. Como preludeo, analizará las condiciones del mercado -actualizando el estudio del 1994- con objeto de afinar las actividades promocionales.

Mayores informes:

Paul Cowley, IT Power Ltd.
The Warren, Bramshill Rd
Eversley, Hampshire RG27 0PR,
Reino Unido
Tlf: ++44-118 973 0073;
Fax: ++44-118-973 0820
Email: pdc@itpower.co.uk;
Web: www.itpower.co.uk

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

Molinos de viento en Misiones, Argentina

Los primeros molinos que se instalaron en Misiones en el año 1945, fueron los *Wind Charger* norteamericanos para la carga de baterías. También se utilizaron los tradicionales molinos multipala destinados al bombeo de agua y algunos molinos artesanales construidos en los talleres locales.

Los *Wind Charger* no prosperaron debido a su pequeño tamaño y a la necesidad de vientos superiores a los 4 m/s. En 1982, diseñamos y construimos un molino tripala de 200 W, con un diámetro de 3.5 y abanderamiento automático centrífugo, destinado a los proyectos de desarrollo rural *Granjas o Sistemas Modulares Integrados*. Este equipo, instalado en una torre de madera de 10 m, funcionó durante tres años sin mayores inconvenientes, soportando en ese período unas 15 tormentas.

Fue en 1987 cuando la Secretaría de Energía de la Nación creó el Centro Nacional de Energía Eólica (CREE) en Chubut e inició el desarrollo de un banco de ensayos para pequeños molinos de viento. Con un técnico local construimos el *YBYTU 7D*, un molino oleohidráulico de 7 m de diámetro y una potencia de 4 kW; luego en la Facultad de Ingeniería de Oberá se construyó el *YBYTU 5D* (5 m de diámetro), con una transmisión cardánica utilizando diferenciales de automóviles.

El ensayo de ambos equipos nos permitió avanzar en la experimentación, comprobar la utilidad de la energía generada y verificar el correcto funcionamiento de la protección contra fuertes vientos. La experimentación en el CREE no prosperó debido a una serie de inconvenientes relacionados con el diseño, el peso de las palas y la excesiva velocidad de los vientos, que sumados a la escasa cooperación y la interrupción del programa oficial, afectaron la continuidad.

El estudio del recurso

Misiones dispone de un sistema de sierras cuya altura va de 200 a 800 m sobre el nivel del mar. Los registros del viento por la Fuerza Aérea en el Aeropuerto de la Ciudad de Posadas corresponden una altura de 100 m. Por no disponer de datos de la sierra, utilizamos al principio anemómetros artesanales a base de pequeños motores de

corriente continua y hélices tripala de aeromodelismo. Posteriormente, el *Brace Research Institute de la Universidad McGill (Montreal, Canadá)* nos donó dos anemómetros, uno portátil digital de lectura directa y otro, de tipo integrador con un molino de copas. Con estos instrumentos realizamos mediciones en distintas localidades de la provincia y en especial en la zona de sierras.

Los vientos predominantes en la región provienen del sudeste y el nordeste y giran en una dirección contraria al reloj; son vientos suaves de 3 o 5 m/s. El viento norte y las sudestadas superan los 10 m/s. En ocasión de las innumerables tormentas que azotan la región, la velocidad supera los 100 km/h (27 m/s). La disponibilidad de potencia de los vientos predominantes es aproximadamente de 40 W/m². El viento norte y las sudestadas representan una potencia del orden de los 100 W/m², cuyo aprovechamiento puede aplicarse a actividades rurales como la carpintería, la soldadura eléctrica, etc.

Las tormentas y vientos fuertes exigen equipos robustos y automáticos, condición que encarece la construcción, fundamentalmente por la necesidad de un sistema de protección contra la sobrerrotación y el uso de maderas livianas para las palas.

Prototipos y pruebas

Los ensayos a escala real fueron una tarea delicada y durante el funcionamiento y las actividades de mantenimiento del molino debieron extremarse las medidas de seguridad. Por la falta de experiencia y de recursos adecuados se presentaron muchas dificultades; así se sufrieron varias roturas de palas debidas a defectos en los soportes y las condiciones del viento. Para orientar el diseño y la construcción de los futuros desarrollos, por ello se prosiguieron las investigaciones utilizando pequeñas maquetas en un túnel de viento. Esta solución fue de gran utilidad para el ensayo de prototipos así como para las actividades docentes con los estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

En 1997, se proyectó un equipo más pretencioso, el *Molino Contrarrotatorio*, con dos rotores tripala acoplados mecánicamente, girando en sentido

contrario con una transmisión cardánica. El diámetro del rotor delantero era de 5 m y del rotor posterior de 4 m, con una potencia del conjunto de 4 kW. Como protección contaba con un cabezal automático en el molino delantero y un cabezal de palas fijas en el posterior, así como una manivela para girar la barcaza y dejarlo fuera de servicio.

El cabezal centrífugo original estaba adaptado a los fuertes vientos en Chubut, con palas de cuerda angosta (18 cm) y un ángulo pequeño (10 grados) en la posición de arranque. Para los vientos de Misiones, se necesitaba un abanderamiento inverso, es decir, con un buen ángulo de pala (30 grados) en el arranque para luego ir reduciéndose a 10 grados (valor nominal) e inclusive un ángulo negativo para obtener un frenado efectivo en fuertes vientos. De hecho, es este el sistema que se utiliza ahora en los molinos de mayor potencia.

Las pruebas para determinar la potencia del equipo resultaron bastante promisorias, pero restan por realizarse los ensayos al freno y verificar la funcionalidad en el medio rural.

Conclusiones

Luego de más de 20 años en el área de las Energías Alternativas, puedo reconocer que hubiera ahorrado tiempo y recursos construyendo prototipos de menor diámetro. Fueron de gran ayuda las publicaciones del *Centro de Investigación Eólica (CWD)*, *Holanda*, el libro de *Jack Park* y algunas revistas sobre el desarrollo amateur de aerogeneradores en los Estados Unidos. Comparar las experiencias me dio el entusiasmo y las esperanzas de seguir adelante. Si bien resta la incorporación de experiencias con los nuevos generadores de imanes permanentes, creo válido todo lo actuado hasta el presente. No sólo he aprendido más de un tema tan apasionante como es la energía eólica, sino que también se beneficiaron los alumnos de varias escuelas técnicas y de la Universidad que participaron.

Mayores informes:

Ing. Eric Barney
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones – Argentina
e-mail: barney@arnet.com.ar

Pequeño aerogenerador para cargar baterías

En el Perú, el uso de la energía eólica no es una novedad, existen muchos molinos de viento para bombas de agua en la Costa y en partes de la Sierra. En particular, hay un par de casos bastante conocidos a nivel nacional y mencionados en varios trabajos de investigación y publicaciones, estos son: i) "Miramar" en Piura, con alrededor de 1000 aerobombas artesanales para irrigar más de 3000 hectáreas de terreno utilizado para el cultivo de verduras y productos de pan llevar, y ii) Arequipa, donde un pequeño taller familiar logró construir varios cientos de máquinas semi-artesanales para el bombeo de agua tanto para uso local como regional, utilizados para la pequeña agricultura, ganadería y consumo humano.

El mercado de las pequeñas turbinas eólicas

El mercado de las pequeñas turbinas eólicas está compuesto por un conjunto de posibles aplicaciones: uso doméstico, pequeños negocios, transformación de productos a muy pequeña escala en zonas rurales, telecomunicaciones, señalización en el transporte terrestre y marítimo, entre otros. De estos el que tiene mayores perspectivas al parecer son las aplicaciones rurales tanto domésticas como productivas.

Hoy en día, muchos habitantes de caseríos que no cuentan con electricidad, así como la población dispersa, han optado por utilizar pequeñas baterías (de automóvil o motocicleta) para cubrir sus necesidades de luz, las cuales son recargadas periódicamente (generalmente una vez por semana) en el centro poblado más cercano que cuenta con energía eléctrica.

Frente a este contexto, los pequeños sistemas de generación de energía en base a energías renovables pueden jugar un papel importante en la electrificación de zonas rurales remotas del Perú. Sin embargo, para que ello suceda se requiere que los sistemas sean confiables y de fácil manejo por parte de los usuarios, y que existan los repuestos y los servicios adecuados para la operación y mantenimiento.

En ese sentido los micro generadores eólicos se convierten en una interesante opción energética para las poblaciones rurales, allí donde existen los recursos adecuados, a través del cargado de baterías. Entre las opciones competidoras están los pequeños sistemas fotovoltaicos y en menor medida los grupos electrogenos diesel.

La propuesta de ITDG

Teniendo en cuenta el contexto de recursos y de mercado en el Perú, ITDG considera que existe la urgente necesidad de contar con la tecnología de fabricación de pequeños aerogeneradores para el cargado de baterías. Así en 1998, bajo el financiamiento del DFID-UK y en trabajo conjunto con las oficinas de Peru, Sri Lanka e Inglaterra, inició el desarrollo de la tecnología de un modelo para atender pequeñas demandas de energía, en zonas rurales y en especial para la población dispersa.

Este modelo está conceptualizado para atender las demandas más pequeñas de energía del medio rural, donde existan los recursos eólicos adecuados. Los resultados preliminares muestran que será una alternativa real en el muy corto plazo, ver Fig. 1.

Características del modelo

Se trata de un aerogenerador de 100 W de potencia nominal, diseñado para velocidades de viento moderadas y bajas, y que responde a las siguientes características de diseño:

- * Rango de trabajo (V): de 3.5 a 12 m/s
- * Velocidad de diseño (Vd): 6.5 m/s
- * Coeficiente de potencia (Cp): 0.35
- * Celeridad (λ): 5
- * Diámetro del rotor: 1.70 m
- * Número de alabes (N): 3
- * Velocidad de rotación nominal (n): 365 rpm
- * Material de los álabes: fibra de vidrio.
- * Generador de 8 polos de imanes permanentes.
- * Torre tipo tubular de 10 m. de altura
- * Orientación automática al viento por acción de una veleta de control.
- * Controles de máxima y mínima carga en las baterías.

Mayores informes:

Teodoro Sánchez

Programa de energía de ITDG-Perú

E-mail: teo@itdg.org.pe;

Web: www.itdg.org.pe

"Pequeños Molinos de Viento"

es una revista semestral co-redactada y publicada en inglés por GEDA (India) y en español por ITDG (Perú).

La versión en inglés

"Small Scale Wind Energy Systems" viene insertada en la revista "FIRKI" de GEDA; la edición en español aparece como parte de "HIDRORED" de ITDG.

La revista es financiada por el Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos (NEDA-DML/KM).

Coordinación y redacción:

Arrakis-RED,

Wilhelminastraat 26,

5141 HK Waalwijk,

Países Bajos;

tel.: +31(40)281 9454;

fax: +31(40)281 9602;

e-mail: tnntr@hotmail.com;

info@arrakis.nl.

WWW: <http://www.arrakis.nl/>

El contenido de esta revista puede ser reproducido siempre y cuando sea citada la fuente.

Para cualquier información, artículos o suscripciones, favor de contactar a la redacción.

