

---

# *Difusión de sistemas de autogeneración de electricidad a partir de fuentes de energía renovables en el Perú*

---

## **Agradecimientos**

---

Se lo agradece especialmente a Rafael Espinoza, director del CER-UNI, Manfred Horn, también del CER-UNI, Jorge Huaraco, gerente de Electrosol, Roberto Arivilca, gerente de GEO Energía y Ángel Verastegui de la GIZ por todas las informaciones muy valiosas aportadas en el tema de la difusión en el Perú de sistemas fotovoltaicos domiciliarios, comunitarios y picofotovoltaicos.

Muchas gracias a Gerardo de Lucas Cabañas de la empresa WAIRA por su ayuda en el tema de los microaerogeneradores.

Se lo agradece mucho a Miguel Hadzich por sus comentarios sobre la difusión de las varias tecnologías, fotovoltaica, microeólica y microhidroeléctrica.

Se reiteran los agradecimientos a Jorge Huaraco por su disponibilidad en la visita del proyecto del CER-UNI y de otras instalaciones fotovoltaicas en el lago Titicaca. Muchas gracias a la ONG Soluciones Prácticas, y en particular a Robert Cotrina, Gilberto Villanueva, Fernando Acosta y Miguel por las informaciones que brindaron y las visitas muy interesantes de varios proyectos en el departamento de Cajamarca, englobando los temas de la energía eólica, fotovoltaica y hidroeléctrica, así que por la visita del CEDECAP en Cajamarca.

Muchas gracias a Julio Eisman y especialmente a Jessica Olivares Magill, gerente de Perú Microenergía, por la oportunidad de visitar instalaciones del programa Luz en Casa.

Todas estas personas me brindaron de una u otra manera informaciones que me permitieron redactar este documento y por eso les agradezco mucho.

Por fin se lo agradece mucho a mis colegas de Microsol, por haber creado un ambiente de trabajo muy simpático.

Astrid Forget

16 de junio 2011, Lima

## Contenido

---

Agradecimientos.....	1
Contenido.....	2
Lista de ilustraciones .....	5
Lista de tablas.....	5
Introducción .....	6
1. Historia y existente.....	7
1.1. Pequeñas instalaciones fotovoltaicas .....	7
1.1.1. Panorama mundial .....	7
1.1.1.1. Historia y estado actual.....	7
1.1.1.2. Experiencias en Europa.....	7
1.1.1.3. Experiencias en África.....	8
1.1.1.4. Experiencias en Asia .....	9
1.1.1.5. Experiencias en Oceanía .....	11
1.1.2. América Latina .....	11
1.1.2.1. Argentina.....	11
1.1.2.2. Nicaragua .....	12
1.1.2.3. Bolivia.....	12
1.1.2.4. Chile .....	13
1.1.2.5. Ecuador .....	13
1.1.2.6. Brasil .....	14
1.1.3. Perú .....	14
1.1.3.1. Experiencias.....	15
1.1.3.2. Fabricación y distribución .....	17
1.1.3.3. Barreras a la difusión y perspectivas .....	18
1.2. Microaerogeneradores (MCA).....	22
1.2.1. Panorama mundial .....	22
1.2.1.1. Historia y estado del mercado.....	22
1.2.1.2. Experiencias.....	23
1.2.2. América Latina .....	24
1.2.2.1. Fabricantes.....	24
1.2.2.2. Argentina.....	24
1.2.2.3. Chile .....	25
1.2.2.4. Nicaragua .....	26

1.2.2.5.	Brasil .....	26
1.2.2.6.	Otros .....	26
1.2.3.	Perú .....	26
1.2.3.1.	Potencial de energía eólica .....	27
1.2.3.2.	Experiencias.....	28
1.2.3.3.	Fabricantes y distribuidores .....	30
1.2.3.4.	Barreras a la difusión y perspectivas (54) (56) (48) (51) .....	31
1.3.	Microcentrales hidroeléctricas (MCH) .....	34
1.3.1.	Panorama mundial .....	34
1.3.1.1.	Potencial hidroeléctrico en el mundo.....	34
1.3.1.2.	Experiencias.....	35
1.3.2.	América Latina .....	36
1.3.2.1.	Chile .....	36
1.3.2.2.	Argentina.....	37
1.3.2.3.	Bolivia.....	37
1.3.2.4.	Ecuador .....	37
1.3.2.5.	Brasil .....	38
1.3.2.6.	Otros .....	39
1.3.3.	Perú .....	39
1.3.3.1.	Experiencias en microcentrales y picocentrales.....	39
1.3.3.2.	Fabricantes y costos.....	40
1.3.3.3.	Barreras a la difusión y perspectivas .....	41
2.	Dimensiones de difusión en la implementación de proyectos .....	42
2.1.	Estudio de factibilidad.....	42
2.2.	Identificación de recursos naturales.....	43
2.3.	Identificación de necesidades .....	44
2.4.	Identificación del modelo adecuado.....	44
2.5.	Financiamiento y modelo de gestión.....	46
2.5.1.	Costos típicos de los sistemas.....	46
2.5.2.	Modelo de gestión .....	48
2.5.2.1.	Donación .....	49
2.5.2.2.	Cesión en uso .....	49
2.5.2.3.	Venta a plazos .....	57
3.	Capacitación y sensibilización .....	60

3.1.	Capacitación .....	60
3.1.1.	Capacitación técnica.....	60
3.1.1.1.	Vulgarización de los principios básicos de electricidad .....	60
3.1.1.2.	Funcionamiento de la tecnología .....	60
3.1.2.	Capacitación a operación y mantenimiento.....	61
3.1.2.1.	Operación.....	61
3.1.2.2.	Mantenimiento.....	62
3.2.	Sensibilización.....	62
3.2.1.	Sensibilización a la salud.....	62
3.2.2.	Sensibilización al medio ambiente.....	64
3.2.3.	Sensibilización económica .....	64
3.2.3.1.	Cultura del ahorro de energía .....	65
3.2.3.2.	Potencial de desarrollo del hogar o de la comunidad .....	65
3.2.3.3.	Pagamiento del servicio de abastecimiento de electricidad.....	66
3.2.3.4.	Cuidado de la instalación .....	66
	Conclusión.....	67
	Bibliografía .....	69
A.	Mapa de energía solar del Perú .....	74
B.	Mapa eólico del Perú.....	75

## Lista de ilustraciones

---

Ilustración 1.a: Mapa de horas de sol máximo (irradiancia solar) en el mundo .....	8
Ilustración 1.b: Vivienda aislada con panel solar en Alto Perú, Cajamarca (39) .....	16
Ilustración 1.c: Potencial hidroeléctrico aprovechable por continente (63) .....	34
Ilustración 2.a: Teoría de difusión de innovaciones .....	49
Ilustración 2.b: Modelo microempresarial de gestión de Soluciones Prácticas (82) (83).....	51
Ilustración 2.c: Panel sobre las responsabilidades empresa-usuario en el local de la microempresa Santa Apolonia (84) .....	54
Ilustración 2.d: Boleta de venta de la microempresa Santa Apolonia, con tarifa base y tarifa adicional (84) .....	54
Ilustración 2.e: Local de la microempresa Santa Apolonia con la colocación de carteles de consejos sobre la creación de varios usos productivos de la electricidad (84) .....	55
Ilustración A.a: Energía solar incidente diaria en promedio anual (1975-1990) en el Perú (32) 74	
Ilustración B.a: Viento medio anual a 50 m en el Perú (55).....	75

## Lista de tablas

---

Tabla 1.a: Características de lámparas solares identificadas en el estudio de mercado de Soluciones Prácticas (10).....	9
Tabla 1.b: Ventajas y desventajas de un sistema picoFV en comparación con un SFD (41) (45)21	
Tabla 1.c: Principales fabricantes de microaerogeneradores (potencia $\leq 1$ kW) en el mundo (47) (48) (49).....	23
Tabla 1.d: Principales fabricantes de microaerogeneradores (potencia $\leq 1$ kW) en América Latina (47) (48) .....	24
Tabla 1.e: Potencial de energía eólica en lugares costeros, datos SENAMHI, 2000 (56).....	28
Tabla 1.f: Costos típicos de energía (48).....	31
Tabla 1.g: Costos típicos de pequeñas turbinas hidráulicas (73) .....	41
Tabla 2.a: Estudio de factibilidad en proyectos de MCH .....	42
Tabla 2.b: Disponibilidad de las diferentes energías renovables según la región climática (32) (55) (75).....	43
Tabla 2.c: Ventajas y desventajas de cada tecnología .....	46
Tabla 2.d: Horquillas de precio de componentes de un SFD .....	47
Tabla 2.e: Ejemplos de costos de microaerogeneradores y otros componentes, de diferencias potencias nominales (80) (60) .....	47
Tabla 2.f: Ejemplos de inversiones en la construcción de MCH por la ONG Soluciones Prácticas en el Perú .....	48

## Introducción

---

El Perú tiene actualmente una tasa de electrificación de 78%, lo que, con una población total de 28 millones de habitantes, significa que alrededor de 6 millones de peruanos y peruanas quedan sin electricidad. La mayoría de estas personas viven en zonas rurales sufriendo de un acceso difícil y de una baja densidad de población, lo que hace poco factible y rentable la mejora de la tasa de electrificación rural mediante medios tradicionales como la prolongación de la red eléctrica nacional hacia estas zonas. Aunque el MEM quiere con un nuevo programa de electrificación alcanzar 92% de cobertura eléctrica este año, según la DGER/MEM, 50000 familias peruanas no recibirán acceso a la electricidad de la red convencional a un plazo de 20 años. Además, un problema común al electrificar mediante la red nacional es que muchas veces, la red sólo llega hasta el núcleo del pueblo, y no a viviendas aisladas que se encuentran alrededor. En un contexto rural, que conlleva muchas viviendas aisladas, eso significa que la red interconectada sólo llega al 50 o 60% de los pobladores, en el mejor caso, como lo señaló la ONG Soluciones Prácticas. El 40 a 50% de personas no atendidas representan un potencial escondido para el desarrollo de soluciones de electrificación alternativas, tal como la energía fotovoltaica, la energía eólica y la energía hidroeléctrica.

La diversificación de la matriz energética está inscrita en la política energética del país, con el objetivo de reducir la parte de hidrocarburos en la oferta de energía, en beneficio de las energías renovables<sup>1</sup>, a fines de garantizar el desarrollo sostenible del país. Por tanto se ve como una necesidad de desarrollar la implementación de sistemas autónomos de generación de electricidad para brindar esta energía a las personas que se encuentran por varios años fuera del alcance de la prolongación de la red nacional.

Por tanto este documento aspira a dar alcances sobre el potencial de difusión de tecnologías apropiadas de generación autónomas basadas en estas energías. En cuanto a eso se darán ejemplos de experiencias de difusión de tales tecnologías en el mundo, en América Latina y en el Perú, además de analizar barreras a la difusión y perspectivas de desarrollo de ellas en el país. Luego se detallarán dimensiones de difusión en la implementación de proyectos de generación de electricidad autónoma a partir de recursos renovables, como la identificación de dichos recursos y los modelos de gestión posibles en estos proyectos, siendo de primera importancia buscar la sostenibilidad de los proyectos. Por fin se insistirá en la capacitación y sensibilización a realizar ante los potenciales usuarios de estas tecnologías por los implementadores de proyectos, a quienes se dedica este documento.

---

<sup>1</sup> Cf. el decreto legislativo nº1.002 (mayo del 2008) "Ley para promover la generación de electricidad con energías renovables" y la ley nº27.345 (setiembre del 2000) "Ley de promoción del uso eficiente de la energía"

## 1. Historia y existente

---

A continuación se describe para cada energía renovable de pequeño tamaño considerada la historia de su desarrollo en el mundo, en América Latina y en el Perú. Se mencionarán varias experiencias interesantes por sus éxitos, fracasos o modelos de gestión, entre muchas otras.

### 1.1. Pequeñas instalaciones fotovoltaicas

---

#### 1.1.1. Panorama mundial

---

##### 1.1.1.1. *Historia y estado actual*

---

El efecto fotovoltaico fue descubierto en el 1839 por el físico francés Alexandre Becquerel y las primeras células fotovoltaicas desarrolladas durante la segunda mitad del siglo XIX. La investigación en el tema conoció un auge a partir de los años 50, con enfoque al suministro de electricidad a los satélites mediante células fotovoltaicas. El primero módulo fotovoltaico fue desarrollado en el 1963 por Sharp Corporation. En los años 70, gracias a la investigación, los costos bajan de 80%, para llegar en los años 80 a una fuente de energía popular para pequeños aparatos eléctricos, como calculadoras, radios, u otras aplicaciones con carga de pequeñas baterías.

Los gobiernos alemán y japonés fueron los primeros a iniciar grandes programas subvencionados para el desarrollo de los paneles solares, con respectivamente el programa “100000 techos solares” en el 1990 y “70000 techos solares” en el 1994; estos fueron un éxito, logrando la creación de mercados locales que todavía existen hoy día sin subvenciones. En los EEUU, California es el estado líder, con un programa similar de diez años lanzado en el 2007. (1)

Los principales países productores de energía fotovoltaica al nivel mundial son Japón, Alemania y China. Desde los años 2000, la producción mundial viene creciendo en una tasa de 30% anual. Los grandes inversores mundiales en el desarrollo de la energía solar para generar electricidad son los Estados Unidos, Israel, Australia y España. (2)

España es uno de los países europeos con los niveles de radiación solar los más altos (hasta 1500  $W \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$ ) y presenta un elevado mercado potencial interior en sistemas conectados a la red. Pero en la implementación de energía solar se encuentra detrás de países más nórdicos como Holanda, Alemania o Suecia (2). En España, los más de 3600 MW de plantas fotovoltaicas construidas produjeron en el 2009 un 1.9% de la energía eléctrica consumida. (3)

Para el reciclaje de los módulos fotovoltaicos en fin de vida, existen al menos dos plantas en Alemania, y recién en el 2011 abrió una planta en España, denominada PVR3 (4).

##### 1.1.1.2. *Experiencias en Europa*

---

En Europa, además de España, Alemania u Holanda que son conocidos por haber apoyado fuertemente el desarrollo de la energía fotovoltaica, existen también experiencias en el Reino

Unido, por ejemplo con la empresa Solarenergy (5) o la comunidad de Kirklees (Kirklees Metropolitan Borough Council) que lanzó el programa de fotovoltaica más grande en el reino (6).

### 1.1.1.3. Experiencias en África

REF<sup>2</sup> es una organización holandesa sin fines de lucro que promueve SFDs de 11 a 50 Wp y sistemas picofotovoltaicos en África subsahariana. Identifica canales de distribución, los capacita y capacita también técnicos. En 2010, había 200 distribuidores trabajando en Burkina Faso, Etiopía, Ghana, Mali, Tanzania, Uganda, Senegal, Mozambique y Zambia. Se vendieron 57000 SFDs entre el 2007 y el 2010 (costo entre US\$ 250 y US\$ 630), así que 36000 linternas solares (costo entre US\$ 25 y US\$ 90). Los costos están compensados en uno a tres años mediante los ahorros en querosén y baterías. (7)

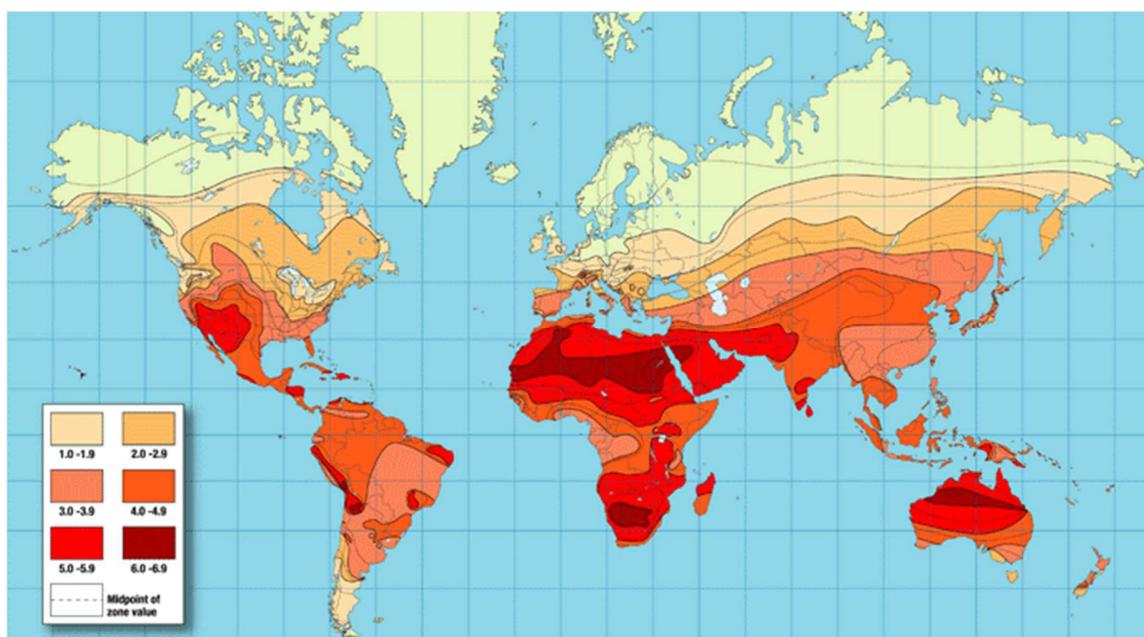


Ilustración 1.a: Mapa de horas de sol máximo (irradiación solar) en el mundo<sup>3</sup>

Tanzania tiene una de las tasas de electrificación más bajas del mundo. La empresa Zara Solar ofrece pequeños SFDs: el más popular es un sistema de 14 Wp de silicio amorfo, que está utilizado por su bajo costo en pequeñas potencias. Este sistema, con batería, regulador y 2 focos cuesta £94, más 10% para la instalación. Los clientes reciben apoyo pecuniario para comprar los sistemas, pero se requiere que paguen una parte por su cuenta para garantizar el buen uso y mantenimiento del sistema. Vendió 3600 sistemas entre 2005 y 2007. (8)

La empresa KXN Nigeria Ltd ha administrado un programa que instaló 189 refrigeradoras a vacunas suministradas por energía fotovoltaica en el norte de Nigeria entre 2002 y 2004. Un sistema

<sup>2</sup> Rural Energy Foundation

<sup>3</sup> [http://1.bp.blogspot.com/\\_YKPBJvAlc2o/ShgPFbtOcsl/AAAAAAAABEc/eil4IKm1184/s1600-h/world\\_insolation\\_map\\_04.gif](http://1.bp.blogspot.com/_YKPBJvAlc2o/ShgPFbtOcsl/AAAAAAAABEc/eil4IKm1184/s1600-h/world_insolation_map_04.gif)

de refrigeración cuesta £6000 (cuando lleno, el valor de vacunas almacenadas alcanza £3000); 167 de los 189 sistemas fueron financiados por el programa nacional para inmunización y los otros 22 fueron pagados por el Rotary International Nigeria PolioPlus. (9)

La filial consultora de la ONG Soluciones Prácticas, ITC, desarrolló una linterna solar con panel de 6 W, batería de 6.5 Ah y lámpara de 5 W para proporcionar luz durante 5.5 horas por día. La ONG aspira a distribuir esta lámpara en hogares utilizando combustibles tradicionales como querosén o velas, que quieren acceder a una iluminación más eficiente, pero que no tienen el presupuesto suficiente para invertir en un SFD. En consecuencia, Soluciones Prácticas realizó un estudio de mercado para determinar qué aspectos de los diseños de lámpara existentes eran favorables a su adopción por potenciales clientes y para usar prototipos con vistas a evaluar las reacciones en cuanto al nuevo diseño.

Las conclusiones de este estudio se presentan en la siguiente tabla:

Rubro	Características identificadas
<b>Precio</b>	<p>≤ US\$ 100</p> <p>Aceptación de pagar este precio si la linterna tiene las características de servicio adecuadas</p>
<b>Servicio</b>	<p>4 horas de iluminación cada noche</p> <p>Acceso a piezas asequibles y fácilmente disponibles</p> <p>Vida útil de 6 años</p> <p>Garantía de 12 meses</p>
<b>Diseño</b>	<p>Iluminación en los 360°</p> <p>Transmisión de luz máxima con dispersión mínima</p> <p>Asa robusta y confortable</p> <p>Focos de tipo CFL, 7 W</p> <p>Lámpara portátil, con peso ≤ 2.5 kg</p> <p>Lámpara estable con buena base</p>

Tabla 1.a: Características de lámparas solares identificadas en el estudio de mercado de Soluciones Prácticas (10)

Soluciones Prácticas empezó a difundir la lámpara desarrollada según los criterios identificados precedentemente en Kenia, país en lo cual las estimaciones muestran un potencial de un millón de unidades. (10)

#### 1.1.1.4. Experiencias en Asia

El programa REDP<sup>4</sup> logró la instalación de 402000 SFDs entre las 2003 y 2008 en zonas rurales de nueve provincias del oeste y noroeste de China. Fue creado por el NRDC<sup>5</sup> y el Banco Mundial, con financiamiento proporcionado por el GEF<sup>6</sup>. Las empresas distribuidoras participando al programa fueron retribuidas por cada sistema vendido. Los usuarios tenían que pagar el precio pleno del SFD,

<sup>4</sup> Renewable Energy Development Project

<sup>5</sup> National Development and Reform Commission

<sup>6</sup> Global Environment Facility

pero éste era bajo en comparación con estándares internacionales, por causa del bajo costo del panel solar en China y del subsidio otorgado por el programa a las empresas. Un sistema de 20 Wp costó de Y900 a Y1000, £65 a £72, valor que está inferior a la de un yak, y un sistema de 75 a 90 Wp sobre Y4000 (£290). Además, el programa apoyó el crecimiento rápido de la industria fotovoltaica en China. (11)

El Aryavart Gramin Bank lanzó en el 2006 un programa de promoción de los SHDs en una de las regiones más pobres de India, el estado de Uttar Pradesh. El programa promovió dos tamaños de SFDs, uno de 35 Wp y otro de 70 Wp, distribuidos por Tata BP Solar, el más popular siendo el más pequeño. Para proporcionar mantenimiento, el banco emplea “facilitadores de negocios” a tiempo parcial, capacitados por Tata BP, con un sueldo mensual y una bonificación anual si todos los sistemas están en buen funcionamiento. Al inicio del 2008, 10103 clientes habían firmado para tener un SFD, de los cuales 8007 ya estaban instalados. El banco negoció precios interesantes con Tata BP Solar y proveyó a los clientes posibilidades de crédito. (12)

La empresa privada NEST en Hyderabad, India, fue creada a fines de desarrollar una lámpara solar muy pequeña, la Aishwarya®, para reemplazar mecheros de querosén, que producen humo y una luz de mala calidad. Entre 2000 y 2005, la empresa vendió más de 65000 ejemplares de la lámpara. Conlleva un módulo fotovoltaico de silicio policristalino de potencia 3 Wp, para iluminar durante 3 a 4 horas cada noche. Para distribuir la lámpara en pueblos muy pobres y alejados, se estableció una red de distribuidores en pequeñas ciudades; cada distribuidor contrata subdistribuidores para trabajar a comisión en los pueblos. En general los clientes no disponen de dinero para pagar la lámpara de 1500 rupias (£19) pero pueden comprar en crédito sobre 8 o 16 meses. (13)

La ONG MPGVM<sup>7</sup> desarrolló, entre otros proyectos, un proyecto para proporcionar sistemas fotovoltaicos a vendedores ambulantes en las calles de la ciudad de Bhopal, en el norte de India. El proyecto dispone de 100 linternas solares que son trasladadas cada noche hasta los mercados ambulantes; ahí son alquiladas por la noche a los vendedores, por un precio de 8 rupias por noche, que corresponde a apenas la mitad del gasto de querosén en mecheros o diesel en generadores, que los vendedores suelen utilizar. (14)

Grameen Shakti es el instalador de SFDs más grande en Bangladés. Fue establecido en el 1996 por el Grameen Bank para promover, desarrollar y proporcionar energías renovables en Bangladés. Hasta 2005 ha logrado la instalación de 65000 SFDs, gracias al establecimiento de medios de microcrédito para los usuarios. La financiación del sistema de microcrédito viene del Banco Mundial y del GEF vía la IDCOL<sup>8</sup>. Grameen Shakti empezó a desarrollar una red de centros técnicos en el país para realizar localmente la instalación y mantenimiento de los sistemas. Hace hincapié en la importancia de técnicos que conozcan las costumbres locales y capacitó a 2000 técnicos y técnicas, principalmente mujeres. (15)

---

<sup>7</sup> *Madhya Pradesh Gramin Vikas Mandal*

<sup>8</sup> *Infrastructure Development Company Limited*

Hay otras experiencias involucrando microcrédito, como por ejemplo SELCO en India (16), la experiencia de la consultoría PSL<sup>9</sup> que fundó la cooperación de mujeres CEWDC<sup>10</sup> en Bangladés (17), entre otros.

En Laos, Sunlabob es una empresa que alquila SFDs y linternas solares a precios empezando debajo de lo que las familias gastan en querosén. No alquila los sistemas directamente a los usuarios finales, sino a un comité local de energía, formado para tal fin. La comunidad elige a los miembros del comité y el comité alquila el equipo a los hogares, además de ser responsable por la recolección de los pagos ante las mujeres, que se encargan generalmente de la gestión de las finanzas de las familias. El número de SFDs alquilados en la fecha del 2007 alcanzó 1870 en 73 pueblos. Además del solar fotovoltaico, la empresa está involucrada en microhidro, biodigestores y generadores con biodiesel. (18)

La MFI SEEEDS<sup>11</sup> ha financiado la instalación de 52000 SFDs en zonas rurales de Sri Lanka. (19)

#### *1.1.1.5. Experiencias en Oceanía*

---

En el archipiélago de Vanuatu en Oceanía, ha habido varios proyectos implementando SFDs, como el de la JICA<sup>12</sup> en la isla de Efate o el proyecto comunitario LAMAP en la isla de Malakula, o sistemas obtenidos por donaciones, pero con falta de presupuesto para futuro mantenimiento y seguimiento. (20)

#### *1.1.2. América Latina*

---

Hay pocos fabricantes de paneles solares en América Latina, pero existen plantas en Argentina, México, Brasil.

En el 2002 se estableció la RIASEF<sup>13</sup>, con el fin de impulsar la aplicación de sistemas fotovoltaicos ambientalmente amigables en áreas rurales de Iberoamérica, cuyo coordinador internacional es el profesor Manfred Horn del CER-UNI en Lima. RIASEF forma parte del subprograma VI “Nuevas Fuentes y Conservación de Energía” del programa CYTED<sup>14</sup> (21).

##### *1.1.2.1. Argentina*

---

En Argentina, después del retorno de la democracia en 1983, se crearon programas de generación de energía alternativa en centros regionales; en cuanto a la energía solar, destaca el Centro regional de energía solar de Salta. (22)

---

<sup>9</sup> *Prokaushali Sangsad Limited*

<sup>10</sup> *Coastal Electrification and Women’s Development Cooperative*

<sup>11</sup> *Sarvodaya Economic Enterprise Development Services*

<sup>12</sup> *Japan International Cooperation Agency*

<sup>13</sup> Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica

<sup>14</sup> Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo

En Balde de Leyes (provincia de San Juan), fueron instalados por el Instituto de Energía Eléctrica de la UNSJ<sup>15</sup> 14 sistemas para viviendas (53 Wp), escuela (256 Wp) y bombeo de agua (1700 Wp) en el año 1994. El proyecto fue financiado por la UNSJ, el ministerio de ciencia y tecnología alemán, el gobierno de la provincia y las cuotas de los usuarios. (23)

En las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Salta (noroeste del país), la unidad de negocios GENERA de la IMF argentina Empresa lanzó en 2004 un producto de SFD junto con la posibilidad de financiamiento por crédito (créditos a 24 y 36 meses a tasas comerciales). Los sistemas son instalados y mantenidos por personal local de Empresa. Hubo 1200 equipos instalados, lo que corresponde a una tasa de penetración de 6 de cada 10 hogares en la zona. Luego de eso incrementó la oferta con sistemas picofotovoltaicos para hogares que no pueden o no quieren acceder a préstamos para instalaciones más grandes. (24)

### *1.1.2.2. Nicaragua*

---

En Nicaragua la empresa TECNOSOL vendió entre 1998 y 2010 40000 SFDs de tamaños varios entre 25 Wp y 200 Wp, con promedio de 60 Wp. Como los compradores no tienen en general el presupuesto necesario para adquirir los SFDs, la empresa los relaciona con organizaciones locales de microfinanzas. TECNOSOL está también expandido su trabajo hacia El Salvador y Honduras, con cooperación del Banco Mundial y de la USAID. (25)

La empresa nicaragüesa ECAMI vende e instala sistemas fotovoltaicos en zonas rurales, la mayoría siendo SFDs, y los otros SFCs y sistemas para telecomunicaciones. También diseñó miniredes fotovoltaicas para proporcionar electricidad en una isla, así que bombas de agua solares. Un SFD de 50 Wp cuesta típicamente US\$ 600 con instalación. Las ventas de ECAMI se hacen en el 50% a ONGs, 30% a clientes privados y 20% a programas gubernamentales. A veces trabaja con ONGs, MFIs<sup>16</sup> y bancos para ayudar los clientes a financiar la compra. (26)

### *1.1.2.3. Bolivia*

---

El proyecto IDTR<sup>17</sup> facilita la instalación de más de 14000 sistemas fotovoltaicos en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Oruro y Potosí. Tiene como objetivo incrementar la provisión de infraestructura y el servicio de electricidad en zonas alejadas y dispersas del área rural. (27)

En mayo de 2006, el Viceministro de Electricidad y Energías Alternativas, ha solicitado al GPOBA<sup>18</sup> a través del Banco Mundial, como agente fiduciario de los recursos del GPOBA, el apoyo financiero para fortalecer el Plan Nacional de Electrificación Rural. El objetivo general del Proyecto del GPOBA es incrementar el acceso a los servicios de electricidad a través de la instalación de

---

<sup>15</sup> Universidad Nacional de San Juan

<sup>16</sup> *Microfinancing Initiatives*

<sup>17</sup> *Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural*

<sup>18</sup> *Global Partnership on Output - Based Aid*

sistemas fotovoltaicos, en áreas rurales dispersas de Bolivia. Para alcanzar el objetivo mencionado, el Proyecto pretende seleccionar a proveedores del servicio del sector privado a través de una licitación pública internacional. Este proceso de selección comprenderá dos etapas, una primera de precalificación de licitantes por tratarse de una provisión de servicios con una complejidad considerable y una segunda etapa de licitación propiamente dicha. (28)

En el 2002 se instaló en la comunidad de Pasorapa (Campero) un sistema de bombeo de agua suministrado por energía fotovoltaica, de potencia 2 kWp (40 módulos de 51 Wp), para mejorar la producción pecuaria. Fue ejecutado por la ONG ENERGETICA en coordinación con el Comité Pecuario de Aguas y la alcaldía de Pasorapa. (29)

#### *1.1.2.4. Chile*

---

En Chile, la energía solar es utilizada preferentemente en la zona norte del país, en donde existe uno de los niveles de radiación más altos del mundo, específicamente entre la Región de Arica y Parinacota y la de Coquimbo. No obstante, en todo Chile la energía solar es lo suficientemente intensa para poder aprovecharla de forma económica y eficiente, usando tecnología adecuada para cada caso. Es usada principalmente para el calentamiento de agua a baja temperatura y para generación de electricidad con paneles fotovoltaicos en viviendas y establecimientos aislados y dispersos en zonas rurales.

La mayoría de las empresas importa equipos de diversos orígenes identificándose en el mercado equipos de China, Brasil, EE.UU., Australia, entre otros, los cuales también difieren en el tipo de tecnología y costo.

En cuanto al uso de energía solar, en el ámbito del programa PRBER<sup>19</sup> se diseñó y ejecutó un proyecto demostrativo fotovoltaico de gran escala para 3 064 viviendas en la región de Coquimbo. También se encuentran en ejecución otros seis proyectos fotovoltaicos en las regiones de Antofagasta, Atacama, Valparaíso y del Maule. Este programa tiene como objetivo, entre otros, de instalar aproximadamente 6000 sistemas individuales fotovoltaicos en zonas aisladas de la región de Coquimbo, creando las condiciones que permitan replicar proyectos de características similares de abastecimiento energético con sistemas fotovoltaicos, a un mercado que se estima ser superior a las 20000 viviendas, incluyendo proyectos de desarrollo productivo con sistemas fotovoltaicos.

#### *1.1.2.5. Ecuador*

---

El Proyecto “Yantsa” está ubicado en la provincia de Morona Santiago. Inició en 2008 con la firma del Convenio Marco entre el CONELEC, la Empresa Eléctrica Centro Sur y la Federación Interprovincial de Centros Shuar, FICSH para atender a 119 centros Shuar. El proyecto contempla la electrificación con sistemas fotovoltaicos de 150 Wp para 2 096 familias y de 300 Wp para 218 áreas comunales, el presupuesto estimado es de US\$ 7 471 964, financiados por el FERUM y el plazo de ejecución será de 12 meses. El proyecto, como todos los de energías renovables, contempla una

---

<sup>19</sup> Programa Remoción de barreras para la Electrificación Rural, con apoyo del CNE/PNUD

fase de capacitación a técnicos comunitarios y la creación de un ente administrativo que de sostenibilidad al proyecto. En este caso, la Empresa Eléctrica Centro Sur, ha creado una Unidad de Energías Renovables.

El proyecto de electrificación “Complemento del EuroSolar” prevé electrificar las viviendas de 91 comunidades ubicadas en siete provincias de la Costa y Amazonía. Se suscribió un Convenio Marco entre el CONELEC y el MEER. Se contempla electrificar: 45 comunidades con extensión de redes y 46 comunidades con sistemas fotovoltaicos. Este proyecto beneficiará a 1 703 familias con un presupuesto de US\$ 5 449 600 financiados por el FERUM. La ejecución de este proyecto se viene cumpliendo desde el año 2008, contemplándose una fase de capacitación para técnicos comunitarios y la creación de entes de gestión que garanticen su sostenibilidad.

En junio de 2006 se inició la instalación de 604 sistemas solares fotovoltaicos residenciales en la Provincia de Esmeralda y se completó su implementación en febrero de 2008. Los sistemas solares fotovoltaicos son constituidos de paneles fotovoltaicos, regulador de carga, baterías e iluminación. Esta iniciativa fue parte del proyecto general PROMEC, ejecutado con fondos del Banco Mundial.

En enero de 2007 se inició la instalación de 619 sistemas solares fotovoltaicos residenciales en la Provincia de Napo y se completó su implementación en mayo de 2008. El MEER es la agencia de implementación del proyecto general PROMEC, por tanto, procedió a la selección de las comunidades, capacitación de usuarios y técnicos locales y a la instalación de los 619 sistemas domiciliarios, que incorporan paneles fotovoltaicos, regulador de carga, baterías e iluminación.

#### *1.1.2.6. Brasil*

---

En el 2007, el Ministerio de Energía e Minas financió, conjuntamente con la Universidade Federal de Pernambuco, un proyecto de bombeo de agua de un valor de R\$ 95000. Se previó recuperar la inversión en 3 años. El bombeo fotovoltaico de 3.18 kWp irriga una superficie de 2 ha en un vergel de frutas tropicales con alto valor agregado. (30)

#### *1.1.3. Perú*

---

La energía solar es el recurso energético lo más disponible en casi todo el territorio peruano. Esta disponibilidad es bastante grande y bastante uniforme durante el año (con variaciones principalmente entre la estación seca y la estación de lluvias), comparado a otros países, lo que hace atractivo su uso. Se dispone en promedio anual de 4 a 5 kWh/día en la costa y en la selva y de 5 a 6 kWh/día en la sierra y la costa sur (cf. Ilustración 1.a), aumentando del norte al sur. La insolación (energía en forma de radiación solar) llegando a pocos metros cuadrados es así teóricamente suficiente para satisfacer las necesidades de una familia, el desafío siendo la conversión en energía aprovechable con un costo aceptable. (31)

La DGER<sup>20</sup> del MEM<sup>21</sup> publicó en el 2003 un atlas de energía solar del Perú, en coordinación con el SENAMHI<sup>22</sup>, con datos mensuales y por departamento. (32)

### *1.1.3.1. Experiencias*

---

- La GIZ (antes GTZ) es la única ONG que hizo un proyecto FV de gran tamaño. Fue el primero proyecto importante en el Perú, en los años 1986-1991 en la región de Puno. Los sistemas fueron instalados en escuelas, postas de salud, etc.; había pocos SFD. El CER-UNI hizo una evaluación del proyecto en 1996-1998 y todavía muchos sistemas estaban en funcionamiento. (33)
- El CECADE tiene un centro de capacitación para el desarrollo en el Cusco sobre la energía solar, hidroeléctrica, los biodigestores, la agricultura...
- El CER-UNI (Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería) realizó entre los años 1996 y 1999 un proyecto de electrificación rural en comunidades isleñas del lago Titicaca y una comunidad ribereña, con un modelo de gestión de venta a plazos. Se instalaron 421 SFDs, de los cuales la gran mayoría está todavía en funcionamiento. La electrificación ha permitido a los usuarios mejorar sus condiciones de vida y recibir más ingresos, al poder trabajar de noche en obras artesanales y mejorar la acogida de los turistas. (34)
- Programa gubernamental GILAT TO HOME: 6000 sistemas de telefonía rural instalados a partir del 2001 en el ámbito del proyecto FITEL. (35)
- Soluciones Prácticas: la ONG realizó en 2010 un proyecto de electrificación mediante energía fotovoltaica en la localidad de Alto Perú, Cajamarca. Son SFDs de 90 W con inversores. Las viviendas se encuentran muy aisladas.
- Perú Microenergía: el programa LUZ EN CASA pretende facilitar acceso básico al servicio eléctrico mediante SFD a viviendas que no está previsto electrificar en los próximos veinte años en Cajamarca. El objetivo es llegar a 3500 viviendas. En el marco del proyecto piloto se instalaron 600 SFD en setiembre 2010. Se basa en un modelo de gestión en cesión de uso. Hasta abril 2011, la cuota mensual a pagar por los usuarios era de S/.15, que se rebajó a S/.10 gracias al acceso al FOSE<sup>23</sup>. (36) (37)
- La unidad de negocios GENERA de la IMF argentina Empresa ha difundido en el departamento de Piura SFDs y sistemas picrofotovoltaicos. Trata de establecer canales que permitan un acceso rápido: franquicias, IMFs, etc. (24)

---

<sup>20</sup> Dirección General de Electrificación Rural

<sup>21</sup> Ministerio de Energía y Minas

<sup>22</sup> Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

<sup>23</sup> Fondo de Compensación Social Eléctrica, <http://www2.osinerg.gob.pe/Resoluciones/fose.htm>

- 2003: la ONG española ISF<sup>24</sup> instaló con el apoyo de la PUCP sistemas de telecomunicaciones (radio) en 39 postas de salud de Amazonas, funcionando con energía fotovoltaica. (38)



**Ilustración 1.b: Vivienda aislada con panel solar en Alto Perú, Cajamarca (39)**

- Las ONGs PRODIA<sup>25</sup> y Perú en Acción, ambas relacionadas con la fundación española Ayuda en Acción, hicieron un diagnóstico en el departamento de Cajamarca que desembocó en la instalación por la empresa TECNOSOL de 1041 SFDs entre 2004 y 2009. En el ámbito del diagnóstico evalúan la aceptación de la tecnología (dan a conocer las ventajas y limitaciones), analizan la capacidad y voluntad de pago y los potenciales beneficiarios. Esos deben cumplir con las contrapartes siguientes: (40)
  - Tener una vivienda saludable: una vivienda saludable tal que definida por las ONGs tiene ambientes separados (dormitorios para los padres y dormitorios para los hijos e hijas), cuenta con un grifo o pila de agua en su patio y una letrina con pozo ciego a cierta distancia. Los animales domésticos menores deben estar en lugares externos a las habitaciones. Éstas deben estar pintadas de blanco y con cielo raso, a excepción de la cocina. Las ONGs apoyan con materiales y los beneficiarios contribuyen con mano de obra.
  - Pagar por una sola vez el insumo de US\$ 100.
- La empresa TECNOSOL EIRL mencionada en el punto anterior tiene otras experiencias en la implementación de SFDs y SFCs; además del proyecto con PRODUA y Perú en

---

<sup>24</sup> Ingeniería sin Fronteras

<sup>25</sup> Programa de Desarrollo Integral Andino

Acción, instaló entre 2002 y 2009 103 SFDs y 43 SFCs en el departamento de Cajamarca. (40)

- Proyecto gubernamental GEF<sup>26</sup>: 4500 SFDs (incluso 1000 en el departamento de Loreto) con el modelo de cesión en uso. Los sistemas son administrados por ADINELSA. (35)
- El gobierno ha lanzado licitaciones nacionales: hubo una primera licitación en Piura para proporcionar luz mediante SFD a 80000 familias, de los cuales estarán instalados 3000 este año por la empresa ENOSA, y el mismo número en Cusco. (41) (35)
- MEM: estudio de electrificación con SFDs de 143000 viviendas por Distriluz, que es un consorcio de empresas distribuidoras de electricidad. (35) (33)
- El gobierno creó una ley de tarifas arregladas para electricidad producida por fuentes renovables y un fondo de compensación que cubre los dos terceros de la tarifa. Así se vuelve interesante para cualquier empresa de instalar paneles fotovoltaicos y de suministrar la electricidad generada. Al final, para el usuario sólo queda un precio mensual de S/.15 por SFD (por SFD y no por kWh consumido, el precio siendo el mismo si se utiliza el panel o no). (42)
- Proyectos conectados a la red: en el 2010 hubo licitaciones nacionales para una potencia total de 500 MW, incluyendo 80 MW proporcionados por energía fotovoltaica y 140 MW por eólica. El gobierno garantiza una tarifa, en fotovoltaico resulta US\$ 0.23/kWh (42).

### *1.1.3.2. Fabricación y distribución*

---

#### **Fabricación (35)**

- Paneles solares: SolarWorld, Suntech, Zytech, fabricantes chinos
- Reguladores: Phocos (fabricación en Alemania y Bolivia), Monista, Steca, Sawin, Xantrex.
- Baterías:
  - Baterías automotrices de marcas BOSCH, ETNA, etc., de duración 2-3 años
  - Baterías gelificadas de duración 10 años, poco difundidas
  - RITAR: libre de mantenimiento, duración 6 años
  - ACDelco: libre de mantenimiento. Distribuida por la empresa Detroit Diesel, que es la única que propone el reciclaje de las baterías.
- Inversores: el costo es de US\$ 1 por vatio
  - XANTREX: inversor de onda modificada
  - STECA

---

<sup>26</sup> *Global Environment Facility*

- Medidores: hay medidores para corriente continua y otros para corriente alterna, o que tratan los dos tipos de corriente. Marca STRONGER: medidores digitales (S/.48) como analógicos (S/.38)

La única empresa que instala mini-redes de sistemas fotovoltaicos se llama ILZO RAPS, en Loreto. Para este tipo de uso, el inversor no debe ser de onda modificada.

El Perú no tiene mucha fabricación en el tema de la energía fotovoltaica, así que sólo se hacen los cables, mientras que se importan el panel solar, el regulador, la batería, las lámparas. Países de importación son China, Alemania, Japón, EE. UU., Brasil, Australia, etc.

### Distribución

Entonces sólo existen en el país empresas distribuidoras, que en general proponen realizar la instalación también: hay más de diez, pero destacan CIME Comercial (10 años de actividad en el mercado), ENTELIN, SINELEC, ENERQUIMICA, GEO Energía. (33) (35)

#### *1.1.3.3. Barreras a la difusión y perspectivas*

---

Por razones de rentabilidad las empresas privadas prefieren proporcionar sus productos y servicios a proyectos de gran tamaño. Eso puede explicar que, aunque sistemas fotovoltaicos domiciliarios están disponibles a nivel comercial desde varios años, no han logrado un nivel de aplicación extensiva. Pero el potencial de desarrollo es bueno en el Perú, alcanzando millares de MW; y el mercado está creciendo.

Pero el gobierno creó una ley de tarifas arregladas para electricidad producida por fuentes renovables y un fondo de compensación, el FOSE, que cubre los 62.5% de la tarifa para sistemas aislados en zonas rurales. Así se vuelve interesante para cualquier empresa de instalar paneles fotovoltaicos y de suministrar la electricidad generada. Al final, para el usuario queda un precio mensual interesante, de tipo S/.15 por SFD (por SFD y no por kWh consumido, el precio siendo el mismo si se utiliza el panel o no). (42) (43)

- Aspectos administrativos y legislativos
  - falta de apoyo político a sistemas picrofotovoltaicos
- Aspectos financiero
  - inversiones iniciadas elevadas (US\$ 700 a 1200 por SFD)
  - falta de mecanismos de microcrédito: pero existen MiBanco (GrupoACP), Makipura
- Aspectos tecnológicos
  - necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos
  - falta de conocimiento tecnológico, necesario para discernir los equipos de buena calidad de los otros (de China por ejemplo se importan sistemas de buena calidad pero también otros de mala calidad) (35)
  - no producción nacional

- la mayoría de los componentes son importados (panel solar, batería, regulador, inversor hasta los focos)
- variación de calidad en materiales disponibles en el mercado (concierno sobre todo el picofotovoltaico porque es una tecnología nueva)
- Aspectos sociales
  - falta de información sobre la tecnología
  - malas experiencias con equipos de baja calidad que disuaden la gente de perseverar en la instalación de SFDs
  - riesgo de robo de los equipos
- Aspectos comerciales
  - dificultad del marketing (35)
  - falta de canales de distribución

Miguel Hadzich, coordinador del GRUPO-PUCP<sup>27</sup>, resalta la reticencia de las empresas privadas en participar en proyectos pequeños. Por ello parece necesario el desarrollo de proyectos de gran envergadura, con licitaciones nacionales. Subraya también la facilidad de robo de los módulos fotovoltaicos, que después se comercializan en el mercado negro en el Centro de Lima. (44)

De manera general está creciendo el mercado del fotovoltaico, con nuevos entrantes y también usuarios que quieren ampliar el sistema que ya tienen, sea por la colocación de otra batería o de otro panel solar. (35)

### Picofotovoltaico

La tecnología picofotovoltaica es todavía nueva y por tanto no muy desarrollada en el país. La cooperación alemana (GIZ) está impulsando el desarrollo de la tecnología en el ámbito del proyecto EnDev (Energía, Desarrollo y Vida). La GIZ ve el picofotovoltaico como una solución de preelectrificación (y no de electrificación), y lo que quiere lograr es establecer un mercado, crear los caminos de distribución de los sistemas, para que la introducción de esta tecnología sea sostenible. (41)

El potencial es al menos de 50000 familias peruanas. Según Manfred Horn, la tecnología va probablemente desarrollarse, puesto que el gobierno ya la ve como una manera de aportar electricidad a familias fuera del plan de electrificación rural a largo plazo – de hecho, el MEM había tenido la idea de “regalar” linternas solares a las 50000 familias peruanas que no van a tener electricidad a corto plazo, pero eso le fue desaconsejado por el CER-UNI y la GIZ por no ser un modelo de gestión sostenible (41) (42). Además, al nivel mundial la investigación en el tema va creciendo y las LEDs aparecen como un medio muy interesante de proporcionar luz. (42) (45)

Estos sistemas picofotovoltaicos funcionan generalmente con un panel de 3.5 W y LEDs y tienen varias intensidades de luz, cada una adecuada para usos diferentes, por ejemplo la intensidad más baja para ver a la persona con quien está hablando y la más alta para leer o hacer un trabajo preciso.

---

<sup>27</sup> Grupo de apoyo al sector rural de la PUCP

Hoy en día existen en el mercado dos rangos de productos: (41)

- Sistemas móviles, de precio entre US\$ 30 y US\$ 100 (precios en el Perú)
- Sistemas estacionarios: son más caros que los sistemas móviles, con un precio de US\$ 100 a US\$ 250. Son modulares y pueden conllevar hasta 3 o 4 focos y un cargador de celular.

En el mercado de la calle Paruro (centro de Lima) se pueden conseguir lámparas solares por S./50, pero no duran más de una semana. (35)

El CER-UNI acaba de hacer en este año 2011 un estudio de 11 tipos de lámparas picofotovoltaicas para la GIZ, que es la ONG que más se dedica al desarrollo de estos sistemas en el Perú. Como es una tecnología nueva, ahora hay mucha variedad en la calidad y por eso hay que hacer estudios de evaluación. Las empresas que destacan por su buena calidad técnica son las siguientes: (42)

- Sundaya: empresa holandesa.
- Phocos: empresa alemana que tiene una sede en Cochabamba, Bolivia. Costo: 80\$
- Fosera

Después, como no es suficiente evaluar la calidad técnica, la GIZ va instalar en una muestra de familias en San Martín estos tres sistemas, rotándolos cada semana, para evaluar la percepción por los usuarios. De hecho, un sistema puede ser de buena calidad técnica pero estar rechazado por los usuarios por otros motivos

Además la GIZ está realizando informes sobre la evaluación de 50 sistemas de marca Sundaya que ya empezó en el marco de un proyecto piloto en San Martín, en conjunto con la DREMSM<sup>28</sup>. En cuanto al modelo de gestión, la GIZ considera en el ámbito de este proyecto piloto que haya una sola empresa que maneja todos los sistemas instalados (de cada tipo de tecnología), con un representante de la empresa, ubicada en la ciudad más cerca, en cada comunidad. (41)

Lo que quiere lograr la GIZ es establecer un mercado, crear los caminos de distribución de los sistemas, para que la introducción de esta tecnología sea sostenible. Para el usuario es difícil pagar más de US\$ 100, así que la GIZ quisiera crear un mercado para los sistemas en el rango de precios inferiores a US\$ 100 y promover que los gobiernos (nacional o regionales) compren los sistemas de precio superior a US\$ 100.

Hasta ahora, la GIZ ya trató varias veces de explicar al gobierno las ventajas de un sistema pico FV, para que el gobierno colabore y financie el estudio en el campo, pero todavía estas tentativas no fueron exitosas, porque el gobierno considera que un sistema pico fotovoltaico sólo es una linterna.

---

<sup>28</sup> Dirección Regional de Energía y Minas de San Martín

Para la GIZ, los sistemas picofotovoltaicos conforman una solución de preelectrificación interesante, necesitando una inversión menor que otros sistemas de energías alternativas y fácil de mantenimiento.

Ventajas	Desventajas
<p>Es una solución de preelectrificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• más asequible que un SFD,</li> <li>• más fácil de mantener.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los focos deben estar conseguidos en el mismo proveedor</li> <li>• Ídem para la radio</li> </ul>

**Tabla 1.b: Ventajas y desventajas de un sistema picoFV en comparación con un SFD (41) (45)**

Factores de éxito: (41)

- Mercado: para la GIZ es importante siempre crear un mercado, desarrollando estructuras comerciales y logísticas, y por tanto asegurar la difusión sostenible de la tecnología considerada.
- Tener otras funciones que la iluminación: sistema que promueva la comunicación (cargador de celular, radio, etc.). De hecho, la pobreza social va con la pobreza energética, así que ello es una necesidad.
- Establecer un buen modelo de gestión es muy importante: en todos los proyectos de SFD que fracasaron, eso fue por el modelo de gestión. Éste debe hacer hincapié en el O&M (Operación y Mantenimiento), tema en lo cual ocurren más los problemas.

## 1.2. Microaerogeneradores (MCA)

---

### 1.2.1. Panorama mundial

---

#### 1.2.1.1. Historia y estado del mercado

---

Molinos de viento han sido utilizados para aplicaciones mecánicas desde milenios. A finales del siglo XIX, con el trabajo del profesor Lacour en Dinamarca, se realizó la primera utilización de un molino de viento para generar electricidad. Diseñó un aerogenerador de 25 m de diámetro que podía generar 25 kW.

A partir del 1927, se aplicó al diseño de palas de aerogeneradores perfiles aerodinámicos; luego aparecieron sistemas de paso de pala variable, o sean permitiendo regular la potencia captada por las palas modificando el ángulo de incidencia del viento sobre ellas. Después de la crisis energética de 1973, el interés en los aerogeneradores sigo creciendo; a partir de esta fecha se desarrollaron mapas del recurso eólico. (46)

En el mundo existe un número creciente de fabricantes de pequeños aerogeneradores, con también los fabricantes de aerogeneradores de potencia alta empezando a hacer desarrollos en este sector. (47)

En los últimos años, se ha visto la conexión de aerogeneradores de baja potencia a la red como una gran posibilidad de mercado a nivel mundial, y especialmente en los países desarrollados, donde la red convencional está muy difundida. Sin embargo, sin un sistema de incentivos suficientes para esta energía como en Dinamarca o EE. UU., el usuario puede encontrar dificultades a financiar la instalación de una turbina eólica domiciliaria. Uno de los mercados con más potencial para estas aplicaciones es el entorno urbano. Recién se desarrolló turbinas eólicas especialmente para emplazamientos urbanos, con reducción del ruido, facilidad de instalación en edificios, seguridad y estética. Holanda es uno de los países pioneros en esta tecnología. (47)

En Dinamarca la agencia de energía estimó que había un potencial para 3000 pequeños aerogeneradores y una capacidad total de 30 a 50 MW (o sea una potencia nominal alrededor de 10 a 20 kW) en el país.

En el Reino Unido, la BWEA<sup>29</sup> estimó que 600000 turbinas eólicas de potencia debajo de 50 kW podrían ser instaladas en el reino antes de 2020.

El pronóstico para el mercado estadounidense es de 650 MW de turbinas eólicas de potencia nominal hasta 100 kW en 2013, debido a la implementación en 2008 de una política de tasas favorable.

País	Empresa
<b>Alemania</b>	Aerocraft, Atlantis Windkraft, DRAGOTHERM GmbH, Moratec, Point Of.com GmbH, SIRENA GmbH, Superwind GmbH

---

<sup>29</sup> British Wind Energy Association

<b>Australia</b>	Soma Power P/L
<b>Canadá</b>	Cyclone Wind Generators, Electrovent, WestTech Environmental Systems Inc., Windturbine c.a.
<b>China</b>	Huamin Win.power Inc., Guangzhou Hongying Energy Technology Co. Ltd., Prostar International Electric Co. Ltd., TAOS Wind Energy, Zhejiang Liten Wind Power Co., Shangdu Livestock Machinery Factory, Inner Mongolia Power Machinery Factory, Baotou Haofeng New Energy, Baotou Tielong Generator Manufacture, Zhuo Water Pump Factory, Hohhot Livestock Machinery Factory, Wulanhote Steel Iron Factory, Inner Mongolia Huade Co.
<b>Dinamarca</b>	Windmission, HSWind, Gaia-Wind, WindPowerTree, Vega A/S. Thy Wind Power
<b>España</b>	Bornay, Solener
<b>EE. UU.</b>	Aeromax Corporation, Appropriate Energy Inc., Bergey WindPower Co., Four Seasons Windpower, Hamilton Ferris Company, Pac Wind Inc., Selsam Innovations, Southwest Windpower Inc., Thermodyne Systems
<b>Finlandia</b>	Finnwind Oy, Oy Windside Production Ltd.
<b>Francia</b>	Auton'Home Productions, Ebony's Creations, Travère Industries, Vergnet
<b>Grecia</b>	Energotech S.A.
<b>Holanda</b>	Fortis Wind Energy, Venturi Wind b.v.
<b>India</b>	Sidilu Renewable Energy, Vaigunth Enertek
<b>Irlanda</b>	Atlantic Power Master, Surface Power Technologies
<b>Italia</b>	Ropatec Srl.
<b>Japón</b>	Krei Kogyo Co. Ltd., Nikko, Zephyr Corporation
<b>Kenia</b>	Craftskills
<b>Reino Unido</b>	Ampair Microwind, FuturEnergy Ltd., Gotwind.org, LVM Ltd., Marlec Engineerig Co. Ltd., Navitron, Proven Energy Products Ltd., Rugged renewables, Samrey Generators & Turbines Ltd., Windsave
<b>Sudáfrica</b>	Kestrel Wind Turbines (Pty) Ltd.
<b>Suecia</b>	SVIAB
<b>Suiza</b>	Enflo Sytems AG

Tabla 1.c: Principales fabricantes de microaerogeneradores (potencia  $\leq 1$  kW) en el mundo (47) (48) (49)

### 1.2.1.2. Experiencias

Sri Lanka: en 2001 empezó la producción local de pequeños aerogeneradores, facilitada por la ONG ITDG (ahora Soluciones Prácticas). Desde eso 50 MCA fueron instalados. Además del diseño inicial de ITDG fueron desarrollados 3 otros modelos: (50)

- El *National Engineering Research and Development Centre of Sri Lanka* desarrolló un modelo de potencia nominal 100 W, que fue probado en colaboración con ITDG.

- Sistema híbrido eólico-fotovoltaico de 150 W + 24 W, desarrollado por ITDG en asociación con el *Resource Management Associates* de Mr. Sunith Fernando, uno de los diseñadores de MCA pioneros
- Sistema eólico de 250 W, desarrollado por ITDG en asociación con *Resource Management Associates*

China consta de muchos fabricantes de pequeños aerogeneradores, que produjeron alrededor de 80000 MCA en 2008, y varias implementaciones. El norte de China, especialmente Mongolia Interior, es una de las regiones del mundo con el más grande número de MCA, con más de 130000 MCA a partir de una potencia de 50 W – la mayoría siendo 100 W – usados por gente nómada (49). La difusión de la tecnología fue fomentada por la introducción de una estación de emisión de televisión en los años 80, que creó una demanda urgente para televisores y por tanto electricidad (51).

## 1.2.2. América Latina

### 1.2.2.1. Fabricantes

País	Empresa
<b>Argentina</b>	Abatec S.A., INVAP Ingeniería S.A., Giacobone
<b>Brasil</b>	Enersud Ind., Altercoop, Electrovento
<b>México</b>	Aeroluz, Fuerza Eólica

Tabla 1.d: Principales fabricantes de microaerogeneradores (potencia  $\leq 1$  kW) en América Latina (47) (48)

### 1.2.2.2. Argentina

En Argentina, después del retorno de la democracia en 1983, se crearon programas de generación de energía alternativa en centros regionales; en cuanto a la energía eólica, destaca el Centro regional de energía eólica en Patagonia (CREE) (22). El CREE tiene como objetivos básicos: (52)

- Concentrar el conocimiento sobre el tema,
- Realizar acciones para su aplicación,
- Asesorar técnicamente en la materia,
- Mantener un intercambio permanente de información con otras entidades técnicas-científicas,
- Capacitar profesionales.

Proyecto PERMER<sup>30</sup>: el uso de pequeños aerogeneradores para electrificación rural en la región sólo se han registrado en la provincia argentina de Chubut, al norte de la Patagonia, conocida por

<sup>30</sup> Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales

sus fuertes y constantes vientos que superan los 11 metros por segundo, y donde el CREE lleva más de 300 aldeas electrificadas empleando esos sistemas.

En el ámbito del proyecto PERMER se realizaron las tareas siguientes: (48)

- Adquisición e instalación de equipos eólicos residenciales (además de otros: SFDs, SFCs, plantas minihidro, diesel o híbridas diesel-renovable, sistemas solares térmicos para calefacción de agua y cocción de alimentos, estaciones de bombeo de agua potable y equipos energéticamente eficientes)
- Actividades de desarrollo de capacidades y de asistencia técnica
- Administración del proyecto

Hay en ejecución 1615 MCA residenciales en la provincia de Chubut:

- Fase piloto: 115 molinos de marca Aerowind
- Fase de ampliación: 1500 sistemas eólicos domésticos de marca Inco-Giacobone

La instalación incluye:

- Aerogenerador de eje horizontal de 300 a 600 W
- Regulador de voltaje
- 1 batería de 200 Ah / 12 V

### *1.2.2.3. Chile*

---

En Chile históricamente la energía eólica ha sido utilizada en forma aislada principalmente para el bombeo de agua y en menor escala para obtener energía eléctrica en zonas rurales como alternativa de generación para pequeños grupos de casas. Existen varios proyectos de abastecimiento de pequeñas localidades eléctricamente aisladas que se han materializado como parte del Programa de Electrificación Rural o motivados por algunas iniciativas privadas o de cooperación internacional. El proyecto piloto de generación eólica en la Isla Tac, en el Archipiélago de Chiloé (Región de Los Lagos) es la mayor de estas iniciativas (el proyecto se encuentra en operación desde octubre del año 2000 y corresponde a un sistema híbrido eólico-diesel que consta de dos aerogeneradores de 7,5 kW cada uno; ha beneficiado a 79 familias y a 3 centros comunitarios de la isla).

En los últimos años, han sido desarrollos parques eólicos como por ejemplo el parque eólico de Alto Baguales y Canela, los cuales entregan energía al Sistema Interconectado Central. En la actualidad, existe una serie de proyectos en distintas etapas de desarrollo, que esperan aportar con más de 1000 MW en capacidad instalada. No obstante, limitaciones técnico-económicas hacen pensar que no será posible materializar la totalidad de estas iniciativas al menos en el corto y mediano plazo.

Por otro lado, se han identificado iniciativas orientadas a aumentar el conocimiento del recurso en Chile, sólo existe información básica y preliminar, que no permiten tomar decisiones de inversión para el desarrollo de proyectos, sino que sólo son referenciales para identificar zonas de interés. En

efecto, la factibilidad técnica del desarrollo de proyectos, aún depende de mediciones específicas en los sitios elegidos, por periodos prolongados de tiempo que abarcan entre 12 y 24 meses.

Entre proyectos incluyendo la implementación de aerogeneradores se pueden mencionar el proyecto GEF-PNUD-CNE para la Remoción de Barreras al Uso de las Energías Renovables en Electrificación Rural, entre 2001 y 2007, y el proyecto híbrido eólico-diesel en la isla Robinson Crusoe.

#### *1.2.2.4. Nicaragua*

---

BlueEnergy, Nicaragua: proyecto piloto financiado por la agencia danesa, Alianza en Energía y Ambiente (AEA) en 2005. Objetivo: demostrar la viabilidad de sistemas híbridos de energía fabricados localmente e instalación de 3 sistemas de prueba. MCA de 500 W basado en el diseño de Scoraig Wind Electric (Hugh Piggott). (48)

#### *1.2.2.5. Brasil*

---

En Brasil se caracterizó el recurso eólico para pequeños aerogeneradores, pero similarmente al Perú, con mapa en una altura de 50 m. Hay un proyecto piloto híbrido en el marco del programa Luz para Todos.

#### *1.2.2.6. Otros*

---

- Colombia: se considera notable la instalación en 2004 del parque eólico Jepirachi de 19.5 MW localizado en la península de la Guajira, que ha resultado una fuente invaluable de experiencias y conocimiento para la empresa desarrolladora Empresas Públicas de Medellín. También se puede mencionar el proyecto Nazareth de sistemas híbridos eólico-diesel.
- México: programa USAID/DOE en Xcalak, Costa de Cocos, Araucarias... (48)
- Venezuela: 48 sistemas híbridos eólico-FV-diesel en el ámbito del programa Electrificación Rural de Comunidades Aisladas (48)
- 2010-2011: proyecto EURO-SOLAR: 600 sistemas híbridos eólico-solar financiados por la Comisión Europea fueron instalados en localidades de 8 países latinos, incluyendo el Perú.
- Ecuador: eólico-diesel en las islas Galápagos

A parte de los pequeños aerogeneradores sin conexión a la red, se puede mencionar que hay experiencias de bombeo de agua con molinos de viento en Nicaragua, Argentina, incluso Perú, y con conexión a la red en Brasil, Argentina, etc.

#### *1.2.3. Perú*

---

En el Perú la energía eólica fue aprovechada primero para el bombeo de agua para uso agrícola, mediante aerobombas artesanales. En la década de los años 70 se reportaron 1100 unidades en

Piura y otros 1500 en Arequipa; también se registraron aerobombas en los departamentos de Moquegua, Puno y Lambayeque. En los años 80, el ITINTEC<sup>31</sup> jugó un papel importante en la investigación y desarrollo de estos equipos. La energía eólica sigue siendo utilizada para el bombeo de agua hoy en día, en general con modelos basados en los diseños desarrollados por el ITINTEC. (53)

En cuanto al aprovechamiento de energía eólica para generar electricidad, las primeras experiencias en el Perú tuvieron lugar en la década de los años 80 (véase el §1.2.3.2).

### *1.2.3.1. Potencial de energía eólica*

Toda la costa peruana tiene un potencial interesante, a la cual se puede añadir el departamento de Cajamarca (cf. Ilustración B.a).

A partir de los años 80 hubo varios intentos para determinar el potencial eólico del Perú: en el 1983, la OLADE<sup>32</sup> presentó un mapa eólico preliminar mediante 48 estaciones. Luego elaboró el ITINTEC en el 1987 el Estudio Nacional de Evaluación de Aerobombas para el Banco Mundial, que consolidó la información sobre los recursos eólicos nacionales. En los años 90, ElectroPerú S.A.<sup>33</sup> evaluó los recursos eólicos en Puerto Malabrigo y San Juan de Marcona e hizo un atlas eólico preliminar. Luego en el 1998 esbozó la DEP<sup>34</sup> un mapa eólico preliminar y el MEM publicó el Atlas de Minería y Energía en el 2000. El SENAMHI tiene una base de datos a nivel nacional de mediciones en una altura de 10 m, pero los datos fueron recogidos en un periodo demasiado corto y por anemómetros distribuidos de manera inadecuada en el área de medición. (54)

Según ADINELSA, habría en el país un potencial 57 GW distribuido en el litoral de Tumbes a Ancash y de Ica a Tacna. En el 2008, el proyecto Mejoramiento de la electrificación rural mediante fondos concursables (FONER) del MEM y del Banco Mundial resultó en la publicación del Atlas Eólico del Perú, con mapas del recurso eólico mostrando velocidades medias en alturas de 50, 80 y 100 m sobre el nivel del terreno y mapas de la rugosidad<sup>35</sup>, de altitudes y de pendientes (55).

Regiones apropiadas en el Perú:

- Costa: Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna.
- Sierra: Cajamarca, Huánuco, Junín, Ayacucho, Puno.

---

<sup>31</sup> Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas

<sup>32</sup> Organización Latinoamericana de Energía

<sup>33</sup> Empresa estatal peruana de generación y distribución de electricidad

<sup>34</sup> Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas

<sup>35</sup> La rugosidad del terreno caracteriza el retardo del viento cerca del suelo debido a obstáculos como vegetación, edificaciones, etc., que causan turbulencias.

N°	Nombre	Departamento	Altitud [m.s.n.m.]	Velocidad media [ $m/s$ ]	Energía producible [kWh/año]
1	Tumbes	Tumbes	25	2,6	252
2	Talara	Piura	50	8,5	4993
3	Piura	Piura	46	4,0	642
4	Chiclayo	Lambayeque	27	5,1	1281
5	Trujillo	La Libertad	33	5,0	1243
6	Chimbote	Ancash	11	5,5	1157
7	Aeropuerto	Lima	13	3,4	507
8	Laguna Grande	Ica	10	6,5	2465
9	Marcona	Ica	31	6,4	2329
10	Pta. Atico	Arequipa	20	6,7	2701
11	Pta. de Coles	Moquegua	50	5,0	1223
12	Tacna	Tacna	452	2,5	363

Tabla 1.e: Potencial de energía eólica en lugares costeros, datos SENAMHI, 2000 (56)

### 1.2.3.2. Experiencias

- En el 1983, ElectroPerú S.A. instaló 3 aerogeneradores monopala de potencia 3.6 kW en la caleta de Yacila (Piura). Los equipos fueron importados de Italia, de marca MP-5 Riva Calzoni.
- En el 1986, se instalaron otra vez por ElectroPerú 3 sistemas más en Yacila, de potencia 10 kW y de marca ISEA. Pero quedaron fuera de servicio en el 1991 por fallas técnicas y falta de técnicos locales especializados.
- En el 1989, la empresa Canziani S.A. fabricó un modelo europeo de MCA de 1 kW, denominados Waira en el Perú. Según un estudio del MEM, había en el 1996 28 unidades instaladas, pero la mayoría se encontraba fuera de servicio por falta de mantenimiento o por inadecuada elección del lugar de emplazamiento.
- El ITINTEC también investigó y desarrolló la aerogeneración en el Perú; sus primeros equipos tenían alternadores de carro que trabajaban a altas velocidades de giro (1800 rpm<sup>36</sup>) para generar 12 V de tensión. Para ello se necesitaba una transmisión consecuente que limitaba las posibilidades de diseño y aumentaba el peso. Los trabajos no pudieron ser llevados a cabo por la supresión de la institución. (53)

<sup>36</sup> Revoluciones por minuto

- Entre el 2000 y el 2003, investigadores de la PUCP<sup>37</sup> trabajaron en el diseño de un sistema permitiendo generar hasta 300 W mediante un alternador de vehículo y de un generador de imanes permanentes para aplicaciones eólicas. Con la empresa Canziani S.A. y con el apoyo del CONCYTEC<sup>38</sup> desarrolló un aerogenerador de 1 kW, que fue fabricado por Canziani S.A. (luego WAIRA Energía S.A.C.).
- En el 2007, un consorcio formado por la PUCP y las empresas RCS Industrial S.R.L. y Norwind S.A.C. presentó al FINCYT<sup>39</sup> un proyecto con vistas al desarrollo de un aerogenerador de 1 MW.
- Soluciones Prácticas-TEPERSAC (56)
  - Modelo IT-PE-100

El desarrollo de microaerogeneradores por Soluciones Prácticas empezó con el modelo de Hugh Piggott, que fue consultor técnico para ITDG (antiguo nombre de Soluciones Prácticas). Piggott había diseñado a finales de los años 90 un microaerogenerador de flujo axial, de potencia 100 W. Soluciones Prácticas ha desarrollado y probado un MCA de 100 W para uso doméstico y cargado de baterías en zonas aisladas. Este aerogenerador denominado IT-PE-100 opera en condiciones de vientos bajos a moderados. Emplea materiales ligeros para las aspas, como resina y fibra de vidrio, y un generador eléctrico de imanes permanentes desarrollado por la ONG para los requerimientos específicos del MCA. (53)

En el año 2000 se instaló el primer prototipo del IT-PE-100 y luego hasta el 2006 se probaron y monitorearon diferentes equipos en seis diferentes lugares de la costa y de los Andes, resultando en constantes mejoras hasta lograr una confiabilidad suficiente para operar en zonas aisladas. En el 2007 se instalaron 33 equipos en la localidad del Alumbre, en Cajamarca. Mediante una transferencia de tecnología de Soluciones Prácticas a la pequeña empresa TEPERSAC<sup>40</sup>.

- Modelo SP-500

Soluciones Prácticas y TEPERSAC también han realizado el diseño, la construcción y la validación de un aerogenerador de 500 W con generador de imanes permanentes. Esta obra fue ganadora del Concurso Nacional PROCYT-PROCOM 2006-2007 del CONCYTEC. (57)

- En el km 123 de la Panamericana Norte, hay un IT-PE-100, pero está oxidado y por lo tanto parado. También se instaló un SP-500, el único con freno mecánico, el cual funciona bien en las condiciones favorables proporcionadas por los vientos suaves y “benévolos” de la localización.
- En El Alumbre (departamento de Cajamarca), Soluciones Prácticas instaló en el 2007 33 IT-PE-100 en familias y 2 SP-500 en el colegio y la posta de salud. El proyecto se desarrolló en dos fases, primera fase para atender a 21 familias que

---

<sup>37</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú

<sup>38</sup> Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

<sup>39</sup> Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología

<sup>40</sup> Tecnología Energética Peruana S.A.C.

tenían hijos estudiando, para que tengan mejores condiciones para estudiar, y luego a las 12 familias restantes y al colegio y la posta de salud. Es el proyecto de este tipo el más amplio en el Perú. Presente éxitos interesantes pero también se manifestaron problemas de fallas por causa de vientos fuertes (quema de aparatos por sobrecorriente o destrozos de piezas mecánicas). Pero por seguro tiene un potencial que se podrá mejorar. (58)

- En Alto Perú (Cajamarca), se instaló una minired eléctrica suministrada por 4 MCA de 500 W (SP-500).
- En la localidad de Campo Alegre (Cajamarca), Soluciones Prácticas tiene un proyecto híbrido solar-eólico, con un MCA de 100 W unido a un panel solar de 50 W.
- La empresa DENERTEC S.A.C. realizó con su MCA AG-200, de potencia 200 W, una transferencia de tecnología, el aerogenerador estando instalado en el SENATI<sup>41</sup> en Lima. (59)
- Hoy en día WAIRA S.A. está desarrollando un generador de imanes permanentes con apoyo del GRUPO-PUCP, que lo va a probar en el terreno. (44)
- Hay en una granja aledaña en Huacho (km 125 de la Panamericana Norte) 13 aerogeneradores WAIRA de 1.5 kW que suministran electricidad a 13 viviendas.
- En el km 249 de la Panamericana Norte, hay 1 aerogenerador WAIRA de 1.5 kW que sirve dos viviendas y un cargador de computadora.
- Parques eólicos (59)
  - A parte de los microaerogeneradores, existen dos parques eólicos piloto en Puerto Malabrigo (Ascope, La Libertad) y San Juan de Marcona (Nazca, Ica), creados respectivamente en el 1996 y el 1998, con potencias totales de 250 kW y 450 kW. Son manejados por ADINELSA<sup>42</sup>, que declaró que los emplazamientos habían demostrado condiciones adecuadas a la instalación de centrales de mayor tamaño.
  - Desde el 2007 el MEM ha otorgado concesiones temporales a fines de estudios a las empresas Norwind S.A.C. y Petrolera Monterrico S.A.
  - El gobierno lanzó en 2010 licitaciones nacionales. Al total se tratan de una potencia de 500 MW, incluyendo 80 MW proporcionados por energía fotovoltaica y 140 MW por eólica. El gobierno garantiza una tarifa. (42)

### *1.2.3.3. Fabricantes y distribuidores*

---

- Fabricantes

---

<sup>41</sup> Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial

<sup>42</sup> Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

- TEPERSAC: transferencia de tecnología desde la ONG Soluciones Prácticas. Modelo IT-PE-100 de 100 W y modelo SP-500 de 500 W.
- WAIRA: fabrica modelos propios y también importa modelos desde otros países, como China. ATR-500: modelo propio de 500 W, de lo cual existe también una variante de potencia 1.5 kW.
- WindAid (Trujillo): modelo de 2 kW, con materiales más caros
- Distribuidor: Q-Energy

Tipo de equipo	Rango de potencia típico	Costos de energía (US\$ /kWh)
<b>Aerogenerador unifamiliar</b>	0.1 – 3 kW	0.15 – 0.35
<b>Pequeño aerogenerador</b>	3 – 100 KW	0.15 – 0.25
<b>Minired (pueblo)</b>	10 – 1000 kW	0.25 – 1

Tabla 1.f: Costos típicos de energía (48)

#### 1.2.3.4. Barreras a la difusión y perspectivas (54) (56) (48) (51)

- Barreras a la difusión
  - Falta una abundancia de instalaciones (en el Perú y en América Latina) que permita reproducir experiencias
  - En la costa, existencia de energía barata producida por otra fuente renovable como la energía hidroeléctrica
  - En la sierra, falta de información sobre el recurso eólico y elevado costo de las baterías requeridas
  - Necesidad de estudios eólicos preliminares para definir áreas de potencial interés, así que luego de estudios detallados en regiones específicas para seleccionar zonas de difusión masiva
  - La evaluación del recurso eólico dificulta más que la caracterización del recurso solar
  - Baja capacidad adquisitiva de los usuarios rurales
  - Inversión elevada y falta de financiamiento
  - Falta de políticas de marketing adecuadas
  - Necesidad de desarrollar servicios post-venta de calidad y adecuados a las necesidades de los usuarios
  - Transporte de los sistemas difícil
  - Ausencia de una producción industrial nacional de aerogeneradores
  - Necesidad de importación de componentes como los imanes
  - Escasez de recursos humanos y de empresas especializadas
  - Desconocimiento de la tecnología en áreas rurales

- Las casas se construyen generalmente en zonas con menos ruido, por tanto no es la ubicación idónea para un MCA; habría que desarrollar diseños para poder ponerlos más lejos de las casas.
- Insuficiencia de los fondos de desarrollo y de investigación disponibles
- La calidad de los productos no se puede garantizar por falta de normas técnicas.
- Hubo experiencias negativas en aerogeneradores importados para sistemas aislados y centralizados, lo que otorga a la tecnología una imagen de poca confiabilidad. Por tanto falta confianza en las instalaciones.
- Ventajas de la tecnología y perspectivas:
  - Diversificar las fuentes energéticas, ante un futuro desabastecimiento de fuentes de energía hidroeléctrica debido a la escasez de agua que podría ocurrir por el cambio climático
  - Ser una tecnología limpia
  - Aportar la posibilidad de nuevas fuentes de trabajo para producir equipos eólicos de baja potencia
  - Satisfacer los requisitos de energía eléctrica en localidades aisladas que tienen un potencial eólico
  - Existe un campo de aplicación detectado
  - Existe una industria incipiente y algunas experiencias
  - Según Miguel Hadzich del GRUPO-PUCP, los MCA con muchas palas, de tipo WindCharger, tienen más futuro, porque empiezan a moverse a velocidades muy bajas (tipo 3 m/s), y por eso la necesidad de conocer con precisión el recurso eólico se vuelve menos ineludible. (44)
  - Según Soluciones Prácticas, la fabricación de MCA debería tener lugar en talleres que ya existen y que ya realicen diferentes tipos de trabajos en metal mecánica. De hecho, probablemente no sería rentable abrir un taller dedicado sólo a la fabricación de microaerogeneradores, por la demanda para esta tecnología aún escasa en países en desarrollo. Además, esto puede ser un argumento para un taller, ya que la fabricación de pequeños aerogeneradores como actividad adicional podría generar nuevos ingresos.
  - Existen modelos híbridos uniendo la energía eólica y la energía fotovoltaica. Es importante en esos casos instalar una electrónica muy precisa para regular la electricidad viniendo de ambas fuentes.
  - Existencia de un pequeño mercado: por ejemplo la empresa WAIRA tiene como perspectivas de venta de 30 a 50 sistemas en el año 2011, dependiendo del plan de marketing. ¡Pero el potencial de mercado es mucho más grande que estas cifras! (60)
  - Donde el recurso eólico es suficiente, es una energía más barata que la fotovoltaica. Pero si el sitio está cerca de un río, el potencial hidroeléctrico debería ser estudiado primero, porque en general está más competitivo. (51)

- MCAs de potencia mayor son más competitivos que MCAs de potencia menor; no hay este tipo de economías de escala con SFDs. (51)
- Hay un interés a desarrollar la fabricación local de MCAs, porque: (51)
  - MCAs fabricados localmente tienen una probabilidad de ser menos caros que aparatos importados
  - El mantenimiento es más fácil, porque los técnicos locales los entenderán (hubo fallas prematuras debidas a mal entendimiento de la tecnología)
  - Los MCAs serán más adecuados a las condiciones locales
  - Crea empleos

## 1.3. Microcentrales hidroeléctricas (MCH)

### 1.3.1. Panorama mundial

#### 1.3.1.1. Potencial hidroeléctrico en el mundo

El suministro de energía eléctrica por conversión de la energía hidráulica es muy difundido en el mundo. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, se trata de centrales hidroeléctricas de gran potencia conectadas a la red nacional o regional, lo que no es el asunto examinado en este documento.

Es importante bien diferenciar la micro- o minihidroelectricidad de las centrales convencionales, ya que como se describió en el documento técnico sobre MCH (61), las MCH son de agua fluyente mientras que las centrales convencionales necesitan la construcción de embalses, lo que tiene mucho más consecuencias negativas sobre el medio ambiente. En muchos países las centrales hidroeléctricas convencionales proporcionan una gran parte de la electricidad necesitada en el país, pero sólo se consideran renovables las pico-, micro- y minicentrales.

Por ejemplo, en la Unión Europea en el 2004, 13% de la electricidad proviene de la fuente hidráulica, de lo cual 2% de pequeñas centrales. (62)

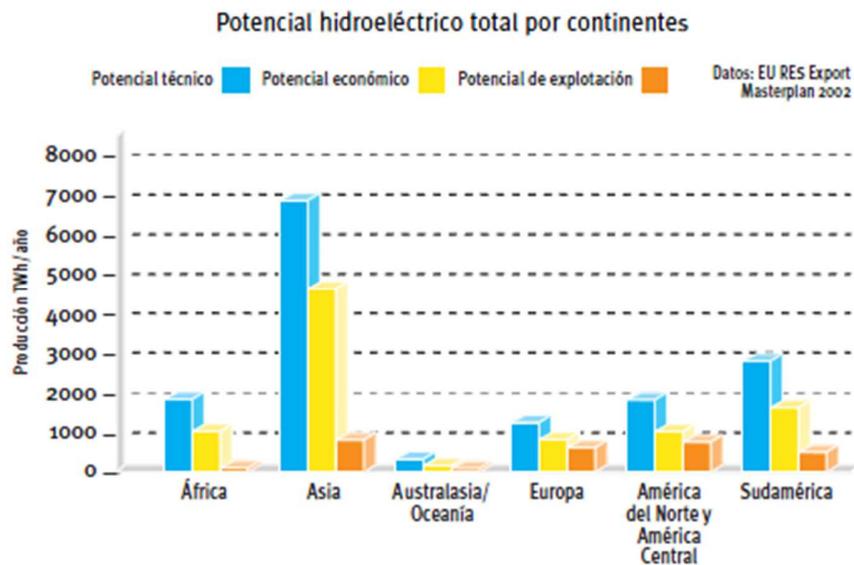


Ilustración 1.c: Potencial hidroeléctrico aprovechable por continente (63)

En los Estados Unidos y en Europa occidental, el potencial hídrico ya está bien aprovechado, pero el resto del mundo mantiene aun grandes reservas hidráulicas explotables, sobre Asia debería volverse en el continente aprovechando lo más la energía hidráulica.

En Asia, el país donde el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas es el más fuerte es, de lejos, China. Gracias a programas gubernamentales de electrificación rural, la potencia instalada en 43000 minicentrales chinas era en el 2005 de 31200 MW; así tiene China más de la mitad de la capacidad de minihidroelectricidad al nivel mundial. (64)

La potencia instalada en otros países en vía de desarrollo es de 1659 MW en India, 859 MW en Brasil, 215 MW en el Perú, 107 MW en Malaysia y Pakistán, 104 MW en Bolivia, 70 MW en Vietnam, y también en Congo, Sri Lanka, etc.

### *1.3.1.2. Experiencias*

---

En el Reino Unido, se ha desarrollado la implementación de pequeñas turbinas hidroeléctricas en sitios de antiguos molinos de agua. SSHG<sup>43</sup> es un grupo de propietarios de molinos de agua en South Somerset, que utilizan turbinas hidráulicas de flujo cruzado (manufacturadas por Ossberger o Valley Hydro) para generar electricidad de modo amigable con el medio ambiente. La potencia de las diez turbinas instaladas varía entre 3.7 y 30 kW. Los sistemas son conectados a la red de electricidad nacional, respetando entonces los estándares. (65)

En las Filipinas, el SITMo<sup>44</sup> ha trabajado con comunidades locales para desarrollar e instalar 13 MCH en pueblos aislados de la provincia Ifugao. Los sistemas aportan electricidad a 190 familias ubicadas en las históricas terrazas de cultivo de arroz. A partir del año 2000, el SITMo desarrolló, junto con la ONG PRRM<sup>45</sup>, tres tipos de MCH, la Firefly, la Butterfly y la Dragonfly. La Firefly es la más pequeña, con una turbina de flujo cruzado de potencia nominal de sólo 100 W, diseñada por el PRRM en el año 1991; los sistemas Firefly cargan baterías. La turbina del sistema Butterfly es un híbrido entre una pumpa axial y una turbina Francis. Genera una potencia de 3 kW y suministra electricidad a 28 hogares mediante una minired. La Dragonfly es similar a la Firefly pero más grande, con potencias hasta 50 kW, para suministrar energía a un pueblo mediante una minired. (66)

En Pakistán, la ONG AKRSP<sup>46</sup> ha instalado más de 180 MCH en el distrito de Chinal, suministrando así electricidad a 175000 personas, lo que corresponde aproximadamente a la mitad de la población sin acceso a la red en la región. La potencia de las instalaciones varía entre 20 y 75 kW, según la disponibilidad del recurso hídrico y el tamaño de la comunidad. Un punto clave para el éxito fue la involucración de una administración local, en forma de "Villages Organizations". AKRSP requiere que el comité de gestión paga un operador y un vigilante para cada sistema y cree un fondo de mantenimiento para pagar las reparaciones. El comité también decide como recaudar pagamientos por la electricidad. Generalmente, familias pagan 6000 rupias (£60) para la conexión y luego de 3 a 5 rupias por kWh de energía consumido. (67)

---

<sup>43</sup> *South Somerset Hydropower Group*

<sup>44</sup> *Save the Ifugao Terraces Movement*

<sup>45</sup> *Philippines Rural Reconstruction Movement*

<sup>46</sup> *Aga Khan Rural Support Programme*

En Zambia, donde durante mucho tiempo se focalizó el desarrollo de la energía hidroeléctrica en proyectos de gran tamaño, el MEWD<sup>47</sup> decidió embarcar un proyecto de pequeña hidroelectricidad para permitir a zonas rurales el acceso a la electricidad, con el apoyo de la UNIDO<sup>48</sup> y la GEF<sup>49</sup>. Uno de los proyectos es la MCH de Shiwang'andu en el distrito de Chinsali, con potencia prevista de 1 MW, que podrá suministrar energía a toda la población de Shiwang'andu y a las zonas de alrededor. La construcción debía ser completada en diciembre del 2010. (68)

### 1.3.2. América Latina

---

Como el potencial hidroeléctrico de un país es fuertemente relacionado con la presencia de montañas o colinas, este potencial es elevado en toda la sierra andina.

#### 1.3.2.1. Chile

---

Por ejemplo el Chile tiene ya instaladas muchas centrales hidroeléctricas (pero el 90% son de gran tamaño, con potencias mayores a 20 MW) y todavía presenta un potencial alto. En el país ahora existen más de 200 pequeñas centrales hidroeléctricas (micro- y minicentrales) con una capacidad instalada sobre el 165 MW. Chile tiene el objetivo de aumentar la parte de energías no convencionales en la potencia instalada al 20% dentro a 2020.

Chile posee importantes recursos hídricos. Así, cerca del 40% de la capacidad instalada en plantas de generación de energía eléctrica en los principales sistemas eléctricos del país son de origen hidráulico, sin embargo, este recurso es aprovechado en aproximadamente un 25% en relación a su potencial total y en el caso de los sistemas a pequeña escala es utilizado es un porcentaje mucho menor.

En Chile, debido a la particularidad de la geografía, con grandes caídas de agua en distancias cortas (la cordillera se encuentra muy cerca de la costa), existe un enorme potencial para sistemas medianos y pequeños de aprovechamientos hidroeléctrico.

A diciembre de 2008, la capacidad total instalada en el país en centrales hidroeléctricas era de 4 943 MW<sup>50</sup>, de los cuales, alrededor del 90% corresponde a grandes centrales hidroeléctricas (mayores a 20 MW). El 3% restante, se distribuye en más de 200 pequeñas centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada total de alrededor de 165 MW. Es importante destacar, que en esta cantidad no se incluyen las más de 200 centrales menores a 1MW, las cuales se encuentran destinadas principalmente a la electrificación de viviendas y establecimientos en localidades aisladas en la zona sur, donde las condiciones hidrológicas son las adecuadas.

Se estima que el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas (< 20 MW), constituyen a una de las principales alternativas para ampliar la matriz energética en el contexto de las ERNC, y con la mayor probabilidad de desarrollarse fuertemente en el corto y mediano plazo, debido al amplio

---

<sup>47</sup> *Ministry of Energy and Water Development*

<sup>48</sup> *United Nations Industrial Development Organization*

<sup>49</sup> *Global Environment Facility*

<sup>50</sup> Capacidad Instalada por Sector Eléctrico Nacional, 2008, CNE

conocimiento de la tecnología, al gran potencial hídrico de la zona centro sur del territorio y las últimas modificaciones en el marco regulatorio del sector eléctrico que benefician a este tipo de proyectos. No obstante aquello, se han detectado fuertes falencias en el mercado de servicios necesarios para el desarrollo de este tipo de proyectos, como por ejemplo, la poca cantidad de empresas de ingeniería.

Si bien el potencial hídrico se ha aprovechado en la implementación de grandes proyectos hidroeléctricos, se estima que éste aún es considerable, especialmente para la generación de proyectos de pequeña escala (menores a 20 MW). En vista de las crecientes exigencias medioambientales, se estima que este tipo de centrales tendrá un fuerte desarrollo en los próximos años, ya que tiene menores niveles de impacto que grandes centrales de embalse, como las que hoy forman parte de nuestro sistema eléctrico.

#### *1.3.2.2. Argentina*

---

En Argentina, después del retorno de la democracia en 1983, se crearon programas de generación de energía alternativa en centros regionales; en cuanto a la energía solar, destaca el Centro regional de pequeños aprovechamientos hidroenergéticos (Credphi) en Misiones (22). Este centro inició los encuentros latinos de pequeños aprovechamientos hidroenergéticos (ELPAH).

#### *1.3.2.3. Bolivia*

---

En Bolivia, el programa KfW de Electrificación rural con energías renovables tiene como objetivo ejecutar 17 proyectos de Micro Centrales Hidroeléctricas con energías renovables en áreas rurales distantes de las líneas de energía eléctrica de las compañías distribuidoras o del Sistema Interconectado, con una inversión de 5 112 000 euros. El acceso a este Programa de Electrificación es vía Municipios o Prefecturas, instituciones que deben presentar al VMEEA Proyectos a diseño final de Micro Centrales Hidroeléctricas para su Evaluación, Visita de Verificación de Información, Recomendaciones para mejorar el Proyecto si corresponde, Validación del mismo y elaboración del Pliego o Documento Base para su Licitación. El apoyo financiero del Programa VMEEA – KfW a proyectos de MCHs con Municipios es del 80 % del costo total de los mismos, y con las prefecturas del 75 %, en ambos casos a fondo perdido. (69)

#### *1.3.2.4. Ecuador*

---

HIDROINTAG CEM es una iniciativa conjunta del sector público y comunitario de la subcuenca del río Intag en la Provincia de Imbabura, para la generación hidroeléctrica & conservación de cuencas. Su objetivo general es de “contribuir al manejo sustentable de los recursos naturales y al fomento de la economía en el norte de Ecuador”. El proyecto de HIDROINTAG CEM se enmarca dentro de las políticas cantonales de desarrollo sustentable y conservación del medio ambiente ya que no solo se cuida el agua y se genera energía sino que se preserva la cuenca hidrográfica que consta de 27 ríos y 44 000 hectáreas de bosques. La cuenca del río Intag forma parte de una de las

zonas más importantes que tiene el país en término de riqueza biológica, la misma que consiste en las dos Eco-regiones Terrestres Prioritarias denominadas Tumbes-Chocó-Magdalena por una parte y Andes Tropicales por otra parte. El programa aspira a impulsar la generación de energía renovable hidroeléctrica con fines sociales y de conservación del bosque nativo y sus fuentes de agua, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, a partir del año 2009 y hasta 2017. El proyecto se encuentra en fase de estudios de prefactibilidad y definición de alianzas para la financiación del plan de 9 pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas de 100 MW en total.

La GIZ y la compañía EDERSU<sup>51</sup> trabajaron juntos entre 2003 y 2005 para, entre otros, diseñar y construir MCH en pueblos alejados. EDERSU fue creada en el 2002 con la meta de un desarrollo racional de los recursos hidroeléctricos en la región de la selva de Sumaco (noreste de Ecuador); pertenece por un 40% a organizaciones públicas locales y asociaciones lugareñas y por un 60% al sector privado. El principal alcance del proyecto fue la realización de un estudio de prefactibilidad detallado para la minicentral de agua fluente (12 MW) de Jondachi. Esta planta mejorará el suministro de electricidad en el noreste de Ecuador; los ingresos proviniendo de la venta de electricidad a la red serán utilizados por EDERSU en nuevos proyectos de desarrollo y aumentarán los ingresos de la población local. (70)

#### *1.3.2.5. Brasil*

---

El Brasil tiene un potencial hídrico muy alto (sobre 80% de la electricidad de la red nacional proviene de grandes centrales hidroeléctricas).

La CRELUZ<sup>52</sup> en el estado de Rio Grande do Sul (sur de Brasil), cuya economía depende mucho de la agricultura, decidió en 1999 empezar a generar parte de su propia electricidad mediante plantas minihidroeléctricas. De hecho, el Rio Grande do Sul se encuentra en la terminación de la red interconectada nacional y el suministro de electricidad es inestable, con muchas familias rurales ni siquiera conectadas. CRELUZ construyó y opera 6 plantas minihidro de agua fluente, de potencia instalada de 0.27 MW a 1.2 MW, equipadas de turbinas Francis o Kaplan fabricadas en Brasil en base de diseños alemanes. En 2010, la cooperativa poseía 4500 km de líneas eléctricas y suministraba energía a 36 municipalidades así que a clientes rurales en una zona de 13000 km<sup>2</sup>. Instaló líneas donde otros distribuidores de electricidad habían rechazado hacerlo por causa de la lejanía de estos lugares. (71)

Existen otras experiencias similares en Brasil, con cooperativas administrando el suministro de electricidad en zonas rurales. Por ejemplo, la CRERAL<sup>53</sup> instaló en Alto Uruguai Gaúcho, un distrito del Rio Grande do Sul, dos plantas minihidroeléctricas, una en Abaúna con una turbina Kaplan de 720 kW y una en Andorinhas con dos turbinas Francis de total 1200 MW. (72)

---

<sup>51</sup> Energía Renovable y Desarrollo Sostenible

<sup>52</sup> Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rural do Médio Uruguai Ltda.

<sup>53</sup> Cooperativa Regional de Eletrificação Rural do Alto Uruguai Ltda

### *1.3.2.6. Otros*

---

En Colombia, la empresa Microhidro, con sede en Cali, fabrica desde hace más de veinte años en sus talleres de mecánica y electrónica, maquinas y equipos de diseño propio adecuados para la micro- y picohidroelectricidad.<sup>54</sup>

En Venezuela, EDELCA<sup>55</sup> es una empresa estatal de electricidad en el área de microhidroenergética con tracción hidráulica y otros equipos. Tiene varios modelos y escalas de turbinas para la generación de electricidad. Produce y presta servicios así como realiza investigación en tecnologías básicas y aplicadas relacionadas con la microhidroenergética a nivel regional y local.

### *1.3.3. Perú*

---

#### *1.3.3.1. Experiencias en microcentrales y picocentrales*

---

En el Perú, se definió por el gobierno como perteneciendo a las energías renovables no convencionales sólo las centrales hidroeléctricas de potencia inferior o igual a 20 MW. El país tiene un potencial hídrico muy elevado, y ya aprovechado en parte por centrales hidroeléctricas de gran tamaño, que producen aproximadamente el 75% de la electricidad del país, con una capacidad de potencia conectada a la red de 3.3 GW.

La ONG que trabajó y todavía está trabajando lo más en el país con microcentrales hidroeléctricas es Soluciones Prácticas. Investiga en técnicas apropiadas, las aplica y luego las transfiere a pequeños talleres y fabricantes para la oferta en mercados locales:

- Pequeñas turbinas hidráulicas (por ejemplo pequeñas turbinas Pelton)
- Generadores de inducción
- Turbinas de río
- Obras civiles de bajo costo

Una de las empresas con la cual Soluciones Prácticas colaboró de manera estrecha, tan en el tema de turbinas eólicas que de turbinas hidráulicas, es TEPERSAC, en Lima.

Soluciones Prácticas es muy activa en el departamento de Cajamarca, en el norte del Perú, que sufre de una las tasas de electrificación rural las más bajas del país. En este departamento instaló en los últimos 25 años más de 40 MCH, y en total más de 60 en todo el país, con potencias de 1 a 200 kW (en promedio alrededor de 35 kW).

Para el diseño de las MCH, que tienen una duración de 15 a 20 años por lo menos, la ONG tomando en cuenta las posibilidades de desarrollo de la comunidad en los próximos años, de manera a evitar subdimensionamientos. Es una parte delicada. Se debe realizar un diagnostico detallado, considerando la tasa de crecimiento de la población (pero no sólo ella), las migraciones (direcciones,

---

<sup>54</sup> <http://microhidrocali.com/>

<sup>55</sup> Electricidad del Caroní

cantidad, motivos), las posibilidades de crecimiento, la existencia de instalaciones sociales como colegio, posta de salud, etc. (73)

El tema de las turbinas de río y de las ruedas hidráulicas se encuentra todavía en fase de investigación.

La GIZ va a probar turbinas de río en San Martín. Estos tipos de turbinas, que utilizan sólo la energía cinética del agua (no se necesita una caída) para producir corriente alterna, están particularmente adecuadas para las regiones amazónicas. Tienen una potencia por debajo de 5 kW y pueden alimentar por ejemplo una posta de salud. La inversión necesaria por turbina es de US\$ 15000. El modelo de turbina que será utilizado por la GIZ es de la empresa alemana *Smart Utilities Solutions*<sup>56</sup>, que ganó en enero del 2011 el premio *enable2start* del *Financial Times Deutschland*.

La granja de pollos La Calera en Chincha (Ica) consta, además de biodigestores muy grandes (74), con una turbina de río. (41)

El GRUPO-PUCP lleva dos años de investigación en el tema de las ruedas hidráulicas de potencia 1 a 2 kW; hay algunas ruedas hidráulicas en Langui (Cusco). según Miguel Hadzich (44), la dificultad es ahora de generar electricidad con un sistema que es utilizado desde mucho tiempo pero sólo para el aprovechamiento de la energía mecánica. Lo que plantea problemas es que esas ruedas se mueven muy lentamente, mientras que para la generación de electricidad se necesitan velocidades elevadas, entonces en la transmisión y el generador. El GRUPO trabaja por tanto sobre una mejora del diseño pero encuentra dificultades en encontrar rodamientos, fajas y veletas para velocidades tan bajas. Un punto importante es la durabilidad – se desean duraciones de 20 años – y un rodamiento clásico se malogra en pocos meses; de hecho, un rodamiento tiene un número limitado de revoluciones posibles (por ejemplo un millón), y con 10-15 rpm en 3.5 a 4 meses se alcanza un millón de revoluciones.

### 1.3.3.2. Fabricantes y costos

---

- Fabricantes:
  - TEPERSAC: turbinas Pelton (transferencia por Soluciones Prácticas)
  - 3HC: turbinas Michell-Banki
  - CMCHydro: fabricante español con fuerte presencia en América Latina
- Costos

La inversión necesaria a la construcción de una MCH es muy variable, ya que depende de la potencia instalada pero también de la orografía de la ubicación y de las instalaciones ya existentes; en el caso de Soluciones Prácticas, la inversión varía de US\$ 57 por kW para una MCH de 175 kW a US\$ 6858 por kW para una MCH de 12 kW, con un promedio de US\$ 2630 por kW instalado.

---

<sup>56</sup> <http://smart-utilities.de/>

Tipo de pequeña turbina	Costo
<b>Pelton</b>	US\$ 1000 por kW, hasta 5 kW La turbina Pelton trabaja en rangos de potencia, por tanto la misma vale para por ejemplo 500 W hasta 2 kW.
<b>Michell-Banki</b>	US\$ 3000 a 3500 por una turbina de 5 kW

Tabla 1.g: Costos típicos de pequeñas turbinas hidráulicas (73)

### 1.3.3.3. Barreras a la difusión y perspectivas

- Barreras a la difusión
  - El precio de las turbinas es accesible, pero hay muchas obras civiles que realizar, lo que aumenta mucho la inversión inicial necesaria. Por eso hay pocas ONGs y empresas que se dedican a este asunto.
  - Los mejores sitios peruanos para construir MCH ya están en su mayoría utilizados. Por tanto en otros sitios la necesidad de estudios de prefactibilidad y de inversión será aún más elevada. (44)
  - Falta de especialistas en el tema de pequeñas instalaciones
  - Falta de fabricantes de pequeñas turbinas y pequeños generadores
  - El desarrollo de MCH depende de la voluntad política (se observó en la decena 1990 que por falta de ella, se redujo la fabricación de turbinas por retiro de empresas extranjeras)
  - En caso de utilización política de la MCH, pérdida de confianza entre comunidad y municipalidad que puede hacer difícil la replicabilidad
  - Bajo nivel de educación que limita el aprendizaje en operación y mantenimiento → fuerte necesidad de capacitación
  - Turbinas de río: tecnología poco desarrollada, algunos problemas de diseño aún no solucionados.
- Perspectivas
  - En términos de cantidad de energía disponible, el recurso hidráulico viene primero, delante del recurso solar y eólico. (44)
  - Turbinas de río: inversión mucho menos alta que la de las MCH.

## 2. Dimensiones de difusión en la implementación de proyectos

### 2.1. Estudio de factibilidad

De manera general, un estudio de factibilidad en la implementación de proyectos de energías renovables a pequeña escala, sea familiar o comunitaria, consta de lo siguiente:

- Estudio de los recursos naturales: perfil del recurso natural a lo largo de un año y variabilidad anual
- Estudio socioeconómico: determinación de las necesidades de la población, de la vida útil de la instalación, de las posibilidades de desarrollo de la comunidad (en caso instalaciones comunitarias).
- Diseño: dimensionamiento de la instalación relativamente al periodo del año menos favorable, elaboración de planes en caso sea necesario.
- Financiamiento: presupuesto para la instalación, determinación del modo de financiamiento de la inversión necesaria y del modelo de gestión.

En la siguiente tabla (Tabla 2.a) se presenta el detalle del estudio de factibilidad para proyectos de microcentrales hidroeléctricas, que son siempre proyectos comunitarios y no unifamiliares:

Tipo de estudio		Descripción del estudio
Estudio de los recursos naturales	<b>Hidrología</b>	Determina el perfil del recurso hídrico durante un año y su perennidad a lo largo de los años
	<b>Geología</b>	Diagnostica la estabilidad del terreno de la ubicación
	<b>Topografía</b>	Define el plano de las obras, la ubicación de la MCH y la altura de caída
<b>Estudio socioeconómico</b>		Determina las necesidades energéticas de la población, la duración de la instalación, el nivel de implicación de la población en el proyecto. Hace el diagnóstico de desarrollo de la comunidad para los próximos años (migraciones, posibilidades para crecer, existencia de instalaciones comunitarias...).
<b>Diseño de las obras</b>		Dimensionamiento, cálculo y concepción de las obras, elaboración de los planes
<b>Financiamiento</b>		Cálculo del presupuesto, determinación del modo de financiamiento y del modelo de gestión.

Tabla 2.a: Estudio de factibilidad en proyectos de MCH

En el caso de turbinas de río, también es necesario estudiar el perfil hidrológico del lugar, pero no es necesario investigar la geología y la topografía. El proceso es similar a lo descrito en la Tabla 2.a en el caso de proyectos de fotovoltaica o microaerogeneración comunitaria. Las diferencias se

encuentran naturalmente al nivel del estudio de recursos naturales. Relativo a instalaciones unifamiliares, el estudio socioeconómico se ve más sencillo, en lo que no resulta necesario diagnosticar el potencial de desarrollo y de crecimiento de la comunidad.

## 2.2. Identificación de recursos naturales

De manera general, las tres grandes regiones climáticas del Perú dan indicaciones sobre los recursos naturales disponibles:

Región climática	Recurso solar	Recurso eólico	Recurso hídrico
<b>Costa</b>	+++ con valores de 6 kWh/m <sup>2</sup> /día en el norte a 7 kWh/m <sup>2</sup> /día en el sur	++ sobre todo Ica y Piura	- clima desértico (escasas precipitaciones), ríos viniendo de la sierra
<b>Sierra</b>	++ La mayor parte de la sierra ≥ 2500 msnm recibe entre 6 y 6.5 kWh/m <sup>2</sup> /día	+ con algunos lugares de vientos fuertes en la zona norte (Piura, Lambayeque, Cajamarca)	+++ con pendientes abruptas
<b>Selva</b>	+ En la mayor parte de la sierra se registran valores de 4.5 a 5.5 kWh/m <sup>2</sup> /día, salvo en el extremo norte	- además presenta mucha rugosidad	+++ cuenca amazónica

Tabla 2.b: Disponibilidad de las diferentes energías renovables según la región climática (32) (55) (75)

No obstante, lugares perteneciendo a la misma región climática pueden presentar recursos naturales completamente diferentes, lo que hace hincapié en la necesidad de realizar un estudio o al menos observaciones locales.

Relativo a la pequeña fotovoltaica, el atlas de energía solar documenta la energía solar diaria acumulada, en todos los meses del año (32). También se pueden consultar la tesis de competencia profesional de César Kadono (76), que tiene más precisión en cuanto a los lugares, y la publicación de Vásquez y Lloyd (77) (78). Pero no existen datos día a día para todos los lugares del país, salvo aquellos donde el SENAMHI tiene estaciones de mediciones, que son pocas, o donde una organización haya medido. Para tener valores más precisos para cálculos de diseño, es recomendable realizar mediciones, aunque en muchos proyectos se utilizan directamente los datos proporcionados por las fuentes previamente citadas. En el lugar considerado se debe verificar que no haya construcciones, vegetación o relieve que creen sombra.

En el caso de la aerogeneración, existe un atlas eólico del Perú (55), pero como ya se mencionó en el documento sobre pequeña eólica (79), estos datos no son suficientes para poder diseñar un proyecto de aerogeneración a pequeña escala, siendo proporcionados en alturas por encima del

suelo demasiado elevadas, por tanto resulta necesario hacer un estudio en el terreno. También se pueden buscar datos del SENAMHI para el lugar considerado, si hizo mediciones.

En cuanto a la microhidroelectricidad, primero se puede consultar a organismos meteorológicos o hidrológicos como el SENAMHI, y si no tienen datos aprovechables, también se debe realizar un estudio local.

En todos casos se puede consultar a la población, especialmente a los agricultores, para que indiquen la magnitud y las variaciones de los recursos a lo largo del año; pero eso sólo tiene valor indicativo.

### 2.3. Identificación de necesidades

Primero se debe definir si la instalación servirá usos unifamiliares, comunitarios o comerciales, incluso pequeñas industrias.

Luego con el o los usuario(s) identificado(s), se debe analizar sus costumbres de consumo, a fines de estimar la necesidad de energía en un periodo. Se recomienda escoger el periodo más desfavorable del año (recurso natural disminuido y/o más necesidad en energía), para no subdimensionar la instalación.

- Tipo de combustible o de fuente de energía utilizado antes: querosén, velas, baterías a cargar, pilas...
- Necesidad en iluminación (horas por día, número de habitaciones precisando luz)
- Necesidad para otras aplicaciones
  - Pequeñas cargas hogareñas (radio, TV, etc.)
  - Electrodoméstico para usos comunitarios o comerciales: refrigeradora para la posta de salud, computadoras y TV en la escuela, licuadora en la Juguería, radio y TV en la sala comunitaria de entretenimiento, etc.
  - Funcionamiento de máquinas en el caso de usos productivos

En este proceso se debe identificar con una precisión tan grande como posible las cargas que son necesitadas por el usuario y el número de horas de uso por día, o en el periodo escogido, calculando luego el promedio diario.

- Posibilidad de evolución de las necesidades a corto, medio y largo plazo
- Disponibilidad de las cargas necesitadas en el mercado (según el tipo de instalación, podrá ser más adecuado buscar cargas funcionando en CC<sup>57</sup> o en CA<sup>58</sup>).

### 2.4. Identificación del modelo adecuado

Una observación sencilla en el terreno da en general fácilmente la idea de la energía que se puede aprovechar más fácilmente o más eficientemente. Cuando varias fuentes de energía

---

<sup>57</sup> Corriente continua

<sup>58</sup> Corriente alterna

renovables están disponibles en el lugar, se puede hacer un balance de sus ventajas y desventajas para escoger la más adecuada.

	Ventajas	Desventajas
<b>MCH</b>	<p>Costo del vatio en la explotación menor que con energía solar o eólica</p> <p>Fuente continua → producción de energía continua</p> <p>Adecuada para regiones montañosas o accidentadas, como los Andes</p> <p>Proporciona bastante energía para un pequeño pueblo</p> <p>Larga duración: &gt; 20 años</p> <p>Existen fabricantes locales, aun pocos</p> <p>Si está bien explotada, no cambia ni la calidad ni la cantidad del agua</p>	<p>Ruido</p> <p>Alta inversión inicial</p> <p>Incertitud sobre la evolución de la disponibilidad de agua superficial por causa del cambio climático</p> <p>Generación de electricidad continua pero puede bajar mucho en las épocas de estiaje</p>
<b>Turbinas de río</b>	<p>Adaptado para uso a pequeña escala</p> <p>Adecuado para ríos planos</p>	<p>Ruido</p> <p>Todavía en investigación: dificultades con el acoplamiento entre el generador y la turbina</p> <p>Incertitud sobre la evolución de la disponibilidad de agua superficial por causa del cambio climático</p> <p>Generación de electricidad continua pero puede bajar mucho en las épocas de estiaje</p>
<b>MCA</b>	<p>Adaptado para uso a pequeña escala</p> <p>No modifica el recurso utilizado</p> <p>Una vez su vida útil acabada, no deja ninguna modificación en su entorno</p> <p>Existen fabricantes locales, aun pocos</p>	<p>Ruido</p> <p>Se necesita velocidad de viento suficiente (&gt; 3-4 m/s)</p> <p>Recursos eólicos poco conocidos para pequeñas aplicaciones</p> <p>Todavía en investigación, falta de normas</p> <p>Duración: por diseño es larga, pero todavía no se comprobó en el terreno en el Perú</p> <p>Se desgasta con vientos fuertes</p> <p>Necesita más mantenimiento</p> <p>Necesita espacio en el suelo que podría ser utilizado para la agricultura</p>
<b>Pequeño FV<sup>59</sup></b>	<p>No produce ruido</p> <p>Adaptado para uso a pequeña escala</p> <p>Se puede utilizar en muchos sitios de los países en desarrollo</p> <p>Fácil instalación y aplicación</p> <p>Poco mantenimiento</p>	<p>Depende de la época del año</p> <p>Depende de la climatología</p> <p>Costo inicial del vatio alto</p>

<sup>59</sup> Fotovoltaico

Portabilidad: fácil de transportar y almacenar	Tecnología relativamente compleja Tecnología punta
Larga duración: > 25 años	Fácil de robar por su pequeño tamaño
Durante su vida, produce varias veces la energía necesitada para fabricarlo	Los paneles deben ser importados
Silicio: abundante en la naturaleza	Impacto en el proceso de fabricación de las placas: extracción del silicio, fabricación de las células
Impacto visual reducido, requerimientos de suelo razonables	Contaminación durante la fabricación
Resiste condiciones climáticas extremas: granizo (vidrio templado), viento, temperatura, humedad	Requiere un cuidadoso tratamiento para el fin de vida, por conllevar algunos elementos tóxicos (por ejemplo en paneles con telurio de cadmio)
Modularidad: se pueden añadir paneles	
Seguridad	
Rendimiento a alturas elevadas (en comparación con MCA y generadores diesel)	

Tabla 2.c: Ventajas y desventajas de cada tecnología

Para cada tecnología, diferentes modelos son disponibles: diferentes potencias, diferentes tipos de turbinas (energía eólica e hidráulica), diferentes tipos de baterías, etc.

- Dimensionamiento de la instalación: el dimensionamiento se realiza conociendo el recurso de la fuente energética y las necesidades de consumo.
- Selección del material: según el presupuesto disponible, la calidad requerida del material, la disponibilidad de este material en el país.

## 2.5. Financiamiento y modelo de gestión

### Financiamiento

#### 2.5.1. Costos típicos de los sistemas

Los costos de los sistemas generadores de electricidad aislados dependen fuertemente de la capacidad y de la potencia instaladas, de la calidad del material escogido, del proceso de fabricación, etc. Por tanto es difícil proveer un costo exacto. A continuación se dan horquillas de precios para componentes y/o sistemas. No incluyen los costos de instalación ni de transporte, que pueden representar una proporción importante de los costos de material.

Componente del SFD	Precio
<b>Módulo fotovoltaico</b>	US\$ 300 – US\$ 700
<b>Batería</b>	US\$ 70 – US\$ 500
<b>Regulador</b>	≈US\$ 45
<b>Inverso</b>	US\$ 85 – US\$ 300

Tabla 2.d: Horquillas de precio de componentes de un SFD

Modelo de MCA y/o componente	Potencia nominal	Precio de venta / Costos de fabricación / Costos de nstalación...	Valor del costo o precio
<b>IT-PE-100 de Soluciones Prácticas</b>	100 W		
<b>VÉLTER D de SOLENER</b>	500 W	Precio de venta sin regulador, ni torre ni instalación	2300 € + IVA
<b>Regulador desarrollado por SOLENER</b>		Precio de venta	1250 € + IVA
<b>SP-500 de Soluciones Prácticas</b>	500 W	Costos de fabricación	S/.3154.3
<b>ATR-500 de WAIRA</b>	500 W	Costos de fabricación del conjunto aerogenerador	S/.4234.51
		Costos incluyendo fabricación de aerogenerador, batería, regulador, inversor, torre, instalación...	≈ S/.11300
		Precio deventa (con instalación)	≈ S/.15000
<b>WindAid 2000XF</b>	2 kW	Precio de venta (con instalación)	US\$ 9240
		Costo de mantenimiento	US\$ 40 / año
		Costo de reemplazo de las 2 baterías cada 4 años	US\$ 290

Tabla 2.e: Ejemplos de costos de microaerogeneradores y otros componentes, de diferencias potencias nominales (80) (60)

Potencia de la MCH instalada (kW)	Inversión total (US\$)	Inversión por kW (US\$)
<b>25</b>	75000	3000
<b>120</b>	250000	2083
<b>80</b>	200000	2500
<b>7</b>	25000	3571
<b>24</b>	30000	1250
<b>200</b>	450000	2250
<b>20</b>	66700	3335

**Tabla 2.f: Ejemplos de inversiones en la construcción de MCH por la ONG Soluciones Prácticas en el Perú**

### 2.5.2. Modelo de gestión

---

Todos los expertos consultados en este asunto mencionaron que la gestión de proyectos era un factor importantísimo en el éxito de proyectos (73). De hecho, la meta principal de un modelo de gestión es de administrar el servicio de electricidad de manera eficiente, justa y sostenible.

En las visitas de proyectos en el Perú y la búsqueda de experiencias se han reconocidos tres modelos de gestión principales:

- Donación
- Cesión en uso
- Venta a plazo

En teoría, estos tres tipos de modelos de gestión corresponderían a tres fases de la difusión de una tecnología (teoría de la difusión de innovaciones de Rogers, Ilustración 2.a): primero la donación para hacer conocer una nueva tecnología, segundo un modelo de cesión en uso para difundir la tecnología de manera masificada, y por fin el establecimiento de canales de venta, apoyados o no por mecanismos de crédito.

Pero en la realidad del terreno se constató que los modelos de gestión adoptados no coincidían realmente con el nivel de difusión de la tecnología.

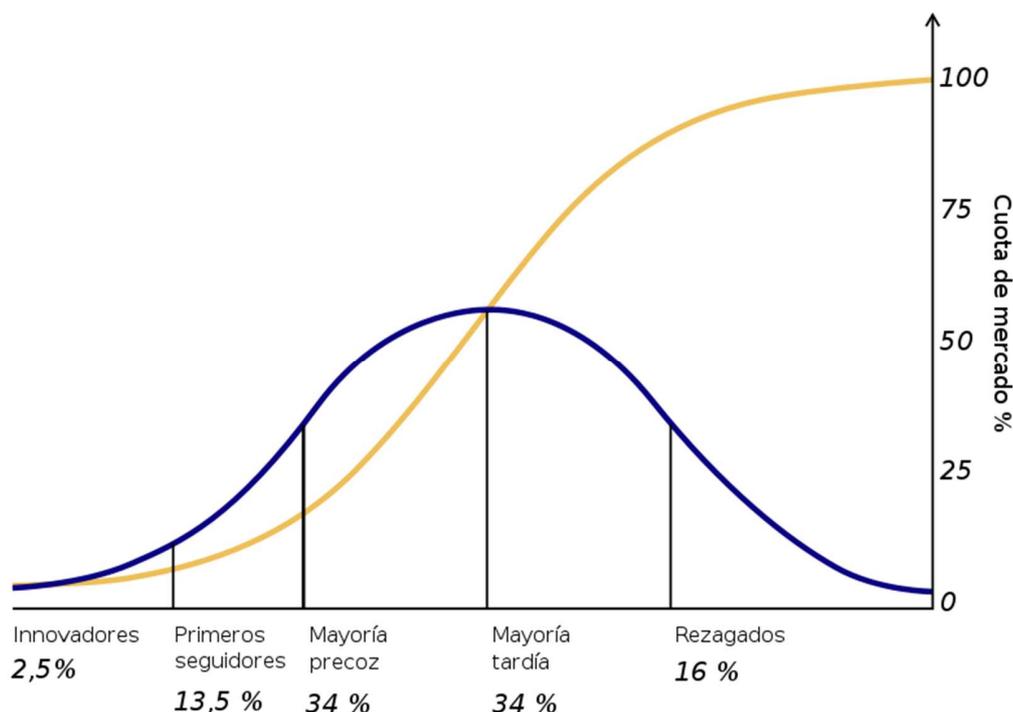


Ilustración 2.a: Teoría de difusión de innovaciones<sup>60</sup>

### 2.5.2.1. Donación

La donación consiste en realizar una instalación, doméstica o comunal, sin exigir una contraparte pecuniaria del usuario. A contrario, se puede requerir que el usuario cumpla con algunos requisitos de cuidado, manejo o mantenimiento de la instalación.

Los promotores de este modelo son con más frecuencia los gobiernos o instituciones políticas.

Se puede mencionar como ejemplo en el Perú el proyecto EURO-SOLAR, cuyo presupuesto de 36 millones de euros es financiado a 80% por la Comisión Europea y a 20% por los países beneficiarios. Este programa empezó en el 2009 a instalar kits fotovoltaicos-eólicos comunitarios en 600 localidades de ocho países de América Latina. (81)

Otro ejemplo, pero que no se llevó a cabo, es la idea que tuvo el MEM de regalar sistemas picofotovoltaicos a 50000 familias rurales. Pero tras la oposición de la GIZ y del CER-UNI, que arguyeron la falta de sostenibilidad de este modelo de gestión, debida a la indiferencia de la gente en cuanto a una instalación por la cual no tiene que pagar nada, retiró esta idea de proyecto. (41) (42)

### 2.5.2.2. Cesión en uso

<sup>60</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Difusi%C3%B3n\\_de\\_innovaciones](http://es.wikipedia.org/wiki/Difusi%C3%B3n_de_innovaciones)

En el caso de la cesión en uso, el usuario paga una cuota por el servicio, pero nunca se vuelve propietario de la instalación. Ésta puede pertenecer por ejemplo a la municipalidad, comunidad o a otra organización (ONG, institución, empresa). De esta manera funcionan generalmente los proyectos gubernamentales.

#### **2.5.2.2.1. Soluciones Prácticas**

La ONG Soluciones Prácticas establece modelos de gestión basados en la formación de microempresas rurales. El objetivo principal de su modelo de gestión es el manejo eficiente de pequeños sistemas eléctricos aislados, buscando garantizar la sostenibilidad del suministro de la energía. (82)

##### *Los diferentes actores del modelo de gestión*

En la Ilustración 2.b se ilustra el modelo de gestión microempresarial. Se forma una empresa comunitaria que proporciona el servicio de electricidad y otros servicios como el mantenimiento. La empresa tiene un contrato de servicio con el propietario de las instalaciones, que suele ser la municipalidad para gestionar y operar las instalaciones. Los usuarios pagan el consumo de electricidad a la empresa y tienen un papel de control con respecto a la administración realizada por la empresa y el propietario, mediante un comité de fiscalización constando de los representantes de los usuarios (elegido por una Asamblea de Usuarios) así que de la empresa y del propietario.

La toma de decisiones sobre la operación, mantenimiento y administración de la instalación se hace de manera colegial, incluyendo la población.



**Ilustración 2.b: Modelo microempresarial de gestión de Soluciones Prácticas (82) (83)**

Sin esta organización triangular, el propietario (municipalidad) jugaría también el papel de distribuidora de energía, lo que induciría más riesgos de problema de gestión, por ejemplo con “compra” de voces con vistas a elecciones a cambio de distribución de electricidad gratuita. (83)

- La empresa comunitaria (82)

La empresa está encargada de la gestión del sistema instalado. Es seleccionada mediante un concurso público y abierto. El problema frecuentemente enfrentado en el ámbito rural es la ausencia de empresas que puedan asumir el trabajo que se requiere en este caso y aun la falta de capacidades locales para manejar una microempresa.

Por tanto, lo establecido por Soluciones Prácticas es, después de haber explicado a la población mediante charlas informativas los principios del servicio eléctrico, de convocar a un concurso en iguales condiciones a aquellas personas de la comunidad que muestren interés en el manejo de la instalación.

El proceso de selección desemboca en la elección de la microempresa distribuidora de electricidad, formada de un operador y un administrador, por un comité de evaluación. Una ventaja adicional de este proceso es que se capacitan a más personas que las necesarias para manejar la empresa, así que si por algún motivo el operador y/o el administrador nombrados no pudieran asumir su cargo en algún momento, podrían ser reemplazados fácilmente. (73)

La microempresa tiene las siguientes responsabilidades:

- Administrar de manera eficiente el servicio (suministro, facturación y cobros, corte y reposición) y las actividades relacionadas a la operación y mantenimiento del sistema.
- Capacitar a los clientes sobre reglamentos, tarifas, buen uso de la energía eléctrica, con vistas a lograr un uso racional y eficiente de ella, y sostenibilidad del sistema.
- Promover el uso racional de la energía eléctrica y la extensión de los servicios a nuevos usuarios (clientes).

- El propietario (82)

A quien pertenece el sistema debe estar establecido claramente. Puede ser la municipalidad, la comunidad, el Estado, la iglesia, una cooperativa, etc. El propietario debe cumplir con las responsabilidades siguientes:

- Es el representante titular de la propiedad de la instalación frente a las diferentes instituciones y/o individuos que interactúan con el sistema, incluso los otros actores del modelo de gestión.
- Vela por la provisión del servicio de electricidad con la mejor calidad posible, teniendo en cuenta la capacidad (limitada) de la instalación.
- Realiza contratos con la empresa comunitaria encargada de la gestión de los servicios, velando por el cumplimiento de los mismos.

- Los usuarios (82)

Los usuarios son la parte de la población que disfruta del uso del servicio eléctrico y que paga por éste a la empresa; por tanto son considerados clientes de dicha empresa. Tienen responsabilidades, deberes y derechos detallados en el Reglamento de Operación y Funcionamiento del Servicio así que en propios contratos firmados con la empresa. A continuación se especifican las responsabilidades de los usuarios:

- Pagar por el consumo de energía en tiempo y hora
- Hacer un uso responsable y eficiente de la energía
- Velar por la preservación del sistema de servicios eléctricos
- Asistir a reuniones convocadas por los otros actores involucrados en el modelo de gestión
- Informar a la empresa operadora sobre cualquier tipo de fallas o limitaciones que observe en las instalaciones eléctricas domiciliarias y/o públicas

- El comité de fiscalización (82)

El comité de fiscalización es la organización conformada por los representantes de los tres actores anteriormente descritos involucrados en el modelo de gestión. Los usuarios son representados por personas electas en la Asamblea de Usuarios, o por otra organización ya existente apta para ello, como por ejemplo un comité de vecinos.

Tiene como responsabilidades:

- Ejercer labores de control y vigilancia necesarias para el cumplimiento de las responsabilidades y obligaciones de cada uno de los tres otros actores.
- Fiscalizar los servicios. En esta labor de control debe actuar de forma imparcial y totalmente independiente de asuntos políticos.
- Ejercer la labor de fiscalización por iniciativa propia o por reclamos de uno de los tres otros actores, por motivos de mal servicio, mal trato u otros. Los comités de fiscalización en general no sancionan, pero llevan la voz del pueblo y la exponen en las asambleas periódicas, con vistas a resolver cualquier queja o reclamo.

La tarifa a pagar mensualmente se establece en función de lo que gastaban los usuarios en combustible antes de la electrificación, lo que equivale a buscar su capacidad de pago, y del financiamiento conseguido para el proyecto. Normalmente las cuotas cubren el 50% del costo de la instalación y la ONG negocia con los gobiernos locales para que cubran el 50% restante, salvo en el caso de las MCH, que necesitan una inversión más elevada, en lo cual se busca que las cuotas cubran el 80%. (73)

Se promueve la cultura del pago por el servicio recibido. A veces los usuarios no entienden porque deben pagar una cuota, mientras que las fuentes de energía (sol, viento, agua) son dadas por la naturaleza. Se debe hacerles entender que esta cuota compensa el servicio proporcionado, el mantenimiento, la propina del operador y del administrador, y que con una parte de la cuota se establece un fondo de reemplazo de las baterías; así, cuando las baterías estén usadas, el usuario no tendrá que pagar de nuevo para comprar una nueva. El fondo de reemplazo cubre al menos el 50-60% del precio de una nueva batería; se busca el apoyo del gobierno local o regional para que apoye en conseguir el resto del costo. (73)

Este tema es delicado porque a veces, un pueblo vecino está conectado a la red nacional, que está menos cara, ya que está subvencionada. (73)

#### *Ejemplos en el terreno*

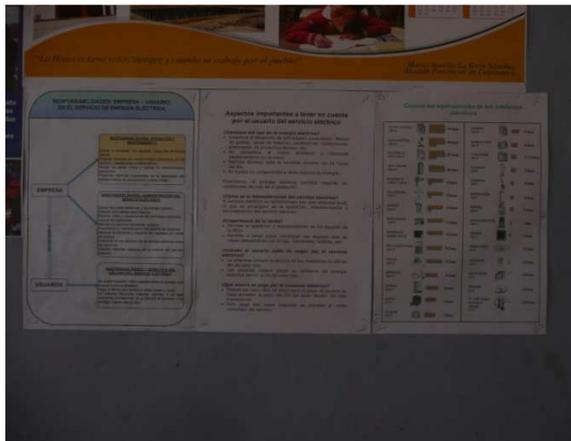
En instalaciones unifamiliares, los usuarios pagan todos la misma cuota, que es fija (no varía según el consumo). Por ejemplo, en Alto Perú para el servicio de energía fotovoltaica pagan S/.13 y en El Alumbre para el servicio de energía eólica pagan S/.10 (lo pagan también en los meses con mucho menos viento). (39) (58)

A contrario, en el caso de instalaciones comunitarias la cuota es variable según el consumo. Tomando el ejemplo de la MCH de Yanacancha Baja, hay una parte fija de la cuota y una parte variable. Para poder establecer las tarifas a pagar cada mes por un usuario, es necesario que estén instalados medidores de consumo. (84)

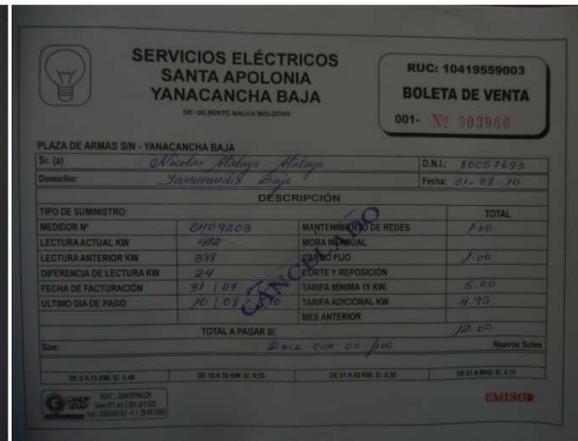
- Parte fija: S/.7 mensuales
  - S/.5: tarifa mínima (hasta un consumo de 15 kWh)
  - S/.1 para el mantenimiento de redes

- S/.1 de cargo fijo
- Parte variable: por encima de un consumo de 15 kWh, se paga una cuota adicional según escalones de consumo.
  - 15-30 kW: S/0,55 por kW
  - 30-60 kW: S/0,30 por kW
  - > 60 kW: S/0,50 por kW

En Yanacancha Baja, la microempresa se llama Santa Apolonia y consta de un operador y un administrador, que reciben respectivamente propinas o incentivos de S/.400 y S/.350. La empresa tiene el cargo, además de mantener la central en buen estado de funcionamiento, de recoger las cuotas cada mes y de ponerlas en una cuenta bancaria. Para la recolección de las cuotas, al fin del mes el operador o el administrador visitan los usuarios para leer el medidor; luego los beneficiarios tienen que ir a la oficina de Santa Apolonia para pagar, a más tardar en el 10 del mes. Reciben una boleta de venta, la cual menciona entre otros el número de medidor, la lectura actual del consumo mensual en kWh, la lectura anterior y la tarifa. (84)



**Ilustración 2.c: Panel sobre las responsabilidades empresa-usuario en el local de la microempresa Santa Apolonia (84)**



**Ilustración 2.d: Boleta de venta de la microempresa Santa Apolonia, con tarifa base y tarifa adicional (84)**

### Usos productivos de la energía eléctrica

La ONG busca favorecer el establecimiento de usos productivos de la electricidad:

- Permiten utilizar la energía durante las horas de día, mientras que en hogares utilizan la energía sobre todo en la noche, estando en el campo durante el día.
- Los usos productivos consumen en general más energía, lo que en caso de instalaciones comunitarias como las MCH, permite a la ONG tener más recursos pecuniarios para compensar el costo de la instalación.

- Es una verdadera señal de que los pobladores se están desarrollando económicamente, mejorando su nivel de vida.

#### 2.5.2.2.2. Perú Microenergía (37) (36)



**Ilustración 2.e: Local de la microempresa Santa Apolonia con la colocación de carteles de consejos sobre la creación de varios usos productivos de la electricidad (84)**

Perú Microenergía es una ONG que está implementando un programa de SFD, LUZ EN CASA, en el departamento de Cajamarca. En el ámbito del estudio que llegó a la redacción de este documento, se visitaron algunas instalaciones de la primera etapa del programa, el proyecto LUZ EN CASA-Piloto.

El financiamiento del proyecto es a fondo perdido por la Fundación Acciona de España. Los sistemas fueron instalados por profesionales de la empresa CIME Comercial en cada vivienda en calidad de préstamo por el tiempo que necesitan y/o quieren el servicio. A cambio de esto, los usuarios pagan una cuota fija mensual por el servicio; en el marzo del 2011 cuando se realizó la visita, esa cuota era de S/.15, pero Perú Microenergía espera que se vea rebajada a corto plazo con el acceso al FOSE, que se puede ahora también aplicar a sistemas fotovoltaicos y no sólo a instalaciones con redes convencionales.

Este deseo fue satisfecho el 1º de mayo del 2011, Perú Microenergía se volviendo en esta fecha el primer proveedor de servicio eléctrico básico con fotovoltaica exclusivamente que accede a este subsidio cruzado. Ahora los usuarios de los SFD de Perú Microenergía tendrán que pagar sólo S/.10 en vez de S/.15. El resto, hasta completar la tarifa regulada por Osinergmin<sup>61</sup>, estará transferido a Perú Microenergía desde el FOSE. (85)

Lo que se busca con el cobro de esta cuota es garantizar la sostenibilidad del proyecto. De hecho, a cambio de esta cuota mensual le brindan al usuario mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, así como la reposición de los componentes que sean necesarios al terminar su vida útil, sin que por esto tengan que hacer algún pago adicional.

<sup>61</sup> Organismo Superior de la Inversión en Energía y Minería

En cada comunidad se forma un comité de electrificación local. Perú Microenergía organiza una capacitación para este comité y una para los usuarios. Después de la capacitación, cada usuario recibe un certificado (que debe conservar en su casa) y firma un contrato; además paga una cuota inicial, que vale una mensualidad. En el contrato se compromete a no hacer ningún tipo de cambio en la instalación realizada en su vivienda, so pena de que el sistema fotovoltaico le sea quitado.

El comité de electrificación local debe incluir al menos tres personas, y de esas una al menos debe ser mujer:

- Presidente
- Tesorero / tesorera
- Secretario / secretaria

Perú Microenergía recomienda que el tesorero recoja el dinero a más tardar el 10 de cada mes, para que tenga tiempo para llegar a Cajamarca el 15 del mes, ya que todas las cuotas deben ser pagadas el 15, en la oficina de Perú Microenergía en Cajamarca.

#### 2.5.2.2.3. ADINELSA<sup>62</sup> y DEP/MEM

ADINELSA administra toda la infraestructura eléctrica del país que no sea transferida a empresas privadas, eso debido entre otros a que no haya otra empresa interesada en la gestión, por falta de rentabilidad; así ADINELSA gestiona varios proyectos de electrificación rural, con apoyo del gobierno.

En el modelo de administración de energía eléctrica no convencional con SFD desarrollado por ADINELSA y la DEP/MEM, se forma en la comunidad beneficiaria un Comité Pro-Electrificación (CPE) constituido por un Presidente, un Secretario, un Tesorero y Soporte Técnico (86). Este CPE debe ser capacitado al uso de cada uno de los componentes conformando el sistema, a la instalación del mismo y a su mantenimiento preventivo y correctivo.

Entre ADINELSA y el CPE se firma un convenio que especifica lo siguiente:

- Cada usuario recibe un SFD en “cesión de uso”
- Pago único por el usuario de un derecho de conexión de S/.150
- Cuota mensual de S/.20 por usuario por la utilización y el mantenimiento del sistema y el corte y reconexión del suministro
- Compromiso de los usuarios de custodiar el sistema, de no trasladarlo ni modificarlo
- Obligación de devolver a ADINELSA los equipos en caso que la red convencional resulte accesible a la comunidad.
- ADINELSA cortará el servicio de electricidad al usuario si éste se encuentra con más de dos meses de atraso en los pagos mensuales. (87)

El CPE tiene como obligaciones de:

- Cobrar mensualmente las cuotas

---

<sup>62</sup> Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.

- Preparar reportes mensuales sobre las cobranzas, aspectos técnicos y otros
- Transferir a la cuenta de ADINELSA la cobranza, deducidos gastos operativos

Las obligaciones de ADINELSA vienen a continuación:

- Emitir una boleta de venta al nombre del CPE por el importe transferido
- Asumir los gastos que se incurran por trabajos de mantenimiento

Este modelo de gestión se aplicó para la electrificación con 781 SFD de 24 localidades en siete departamentos de la sierra y selva (Cerro de Pasco, Ayacucho, Apurímac, Junín, Loreto, Madre de Dios, Ucayali). La DEP/MEM contrató la UNI para el transporte, la instalación de los sistemas, la organización de los CEP y la capacitación de los usuarios. (87)

Los SFD habían sido adquiridos por la DEP/MEM antes, de modo exonerado de impuestos y aranceles, y eran la propiedad de la empresa ADINELSA. En algunas localidades, fueron las municipalidades que asumieron el pago de los derechos de instalación. Según el CER-UNI, no fue claro en el proyecto cómo estarán supervisados los pagos mensuales, ni cómo estarán realizados los cortes de servicio (en caso de falta de pago), ni cómo estarán reemplazados equipos averiados. Además recalcó que componentes como lámparas o reguladores de carga no eran de primera calidad. (87)

Hoy en día, parece que pocos de estos sistemas quedan en funcionamiento. (33)

### *2.5.2.3. Venta a plazos*

---

La característica principal de la venta a plazos es que, como en cualquier proceso de venta, los usuarios del servicio de electricidad se vuelven propietarios del sistema proporcionándoles la electricidad.

Como en el contexto rural sin electrificación de los países en vías de desarrollo, los beneficiarios de proyectos de implementación de sistemas de generación de electricidad aislados no tienen en su mayoría el recurso pecuniario necesario para comprar estos tipos de sistemas, se puede recurrir a un mecanismo de venta a plazos; eso puede ser apoyado por un organismo de microfinanzas.

El principal proyecto representante de este tipo de gestión en el Perú es el proyecto del CER-UNI en el lago Titicaca, que es con el proyecto de la GTZ en los años 1986-1991 el proyecto de instalación de SFD exitoso el más antiguo en el Perú. El CER-UNI instaló entre los años 1996 y 1999 421 sistemas fotovoltaicos en comunidades insulares y una comunidad ribereña.

Al diseñar su modelo de gestión, el CER-UNI buscó lo siguiente: (87)

- Garantizar la autosostenibilidad técnica y económica del proyecto
- Garantizar un efecto multiplicativo en la misma población
- Generar condiciones para el efecto multiplicativo en poblaciones de las localidades vecinas

Como consecuencia de una licitación, el CER-UNI adquirió los SFD a un proveedor a un precio unitario de US\$ 850 (al contado, incluyendo impuestos, gastos de instalación y servicio de posventa).

La financiación inicial del proyecto del CER-UNI, de un valor de US\$ 100 000 se obtuvo del PAE<sup>63</sup>/MEM. En 1996 se instalaron 100 SFD en la isla de Taquile y en 1998 otros 72 SFD en Taquile y en las islas vecinas de Uros y Soto. Se ofreció a los usuarios de comprar los sistemas con facilidades, en 5 cuotas anuales de US\$ 150 cada una.

En el año 2001, los 100 primeros usuarios ya eran propietarios, al haber pagado todas sus cuotas. Con las cuotas se creó un fondo revolvente para financiar los 72 SFD del año 1998. (87)

El CER-UNI inició en 1999 una segunda etapa del proyecto, esta vez sin apoyo financiero del Gobierno. Con ésta se quería evaluar la posibilidad de realizar proyectos de electrificación rural fotovoltaica prácticamente sin subsidio, ya que solamente se había previsto subsidiar, por el CER-UNI, la gestión y administración del proyecto. Para financiar esta segunda fase, el CER-UNI tomó un préstamo de US\$ 100 000, a reembolsar en 5 cuotas anuales con un interés anual de 9 %.

Sobre la base de este préstamo, el CER-UNI ofreció a pobladores de las comunidades insulares de Taquile, Uros, Amantaní y Soto, y de Huancho, contratos de compra-venta para SFD, similares a los contratos firmados en la primera etapa del proyecto 3 años antes, pero añadiendo una cuota más para poder eliminar el subsidio que se había dado en la primera parte del proyecto; se pidieron entonces 6 cuotas de US\$ 150 en vez de 5 cuotas. Se firmaron 192 nuevos contratos en pocos días.

La compra e instalación de los SFD se realizaron en esta ocasión individualmente: se licitaron independientemente los diferentes componentes, la instalación y el servicio de posventa. Esto permitió cuidar mejor en cada caso la calidad de los equipos. Los precios fueron también menores que los previstos, sobre todo para los paneles fotovoltaicos. A pesar de eliminar prácticamente el subsidio – salvo el costo de la gestión y administración del proyecto –, esto permitió ofrecer los SFD a un precio al contado de US\$ 650, o financiado, nuevamente a 5 cuotas de US\$ 150. Por otro lado, con estos nuevos precios, con el dinero disponible se pudieron comprar 250 SFD, en lugar de los 192 previstos inicialmente. Hay que anotar en particular que muchos pobladores de Amantaní han querido adquirir su propio SFD, bajo las condiciones del proyecto, a pesar de que tenían conexión a la red eléctrica local, porque esa les proporcionaba, en el mejor de los casos, electricidad entre las horas 6 p.m. y 9 p.m.

Al visitar el proyecto se constató que la mayoría de los usuarios habían pagado todas sus cuotas, aunque algunos habían pagado sólo 4 de 5, estos casos se encontrando sobre todo en la comunidad de Los Uros. (34)

Los puntos principales que destacan del proyecto son:

- Un buen mantenimiento y operación de un SFD está mejor garantizado si el sistema pertenece al usuario, ya que es una característica común del ser humano de cuidar mejor su propiedad que la de otros.
- La mayoría de los usuarios potenciales no disponen de los recursos de dinero necesarios para adquirir estos sistemas. Por tanto se requiere una financiación, en una duración

---

<sup>63</sup> Proyecto para Ahorro de Energía

típica de 3 a 5 años. Pero falta de organismos de microcrédito que podrían proporcionar este financiamiento.

- Se requiere un buen control de calidad en la adquisición, instalación y servicio de post-venta de los SFD. Para ello se necesita una masa crítica de SFD, como por ejemplo 100, para poder montar comercialmente el servicio de post-venta.
- Es muy importante la capacitación de los usuarios para que puedan manejar y realizar el mantenimiento sencillo de sus SFD.

Pero en la fecha del 2001, el CER-UNI subrayó que el aspecto financiero del proyecto aún no estaba totalmente maduro y que no era clara la influencia del aspecto geográfico en el éxito del proyecto (o sea, que no era seguro que se podía trasladar a otra ubicación con características geográficas diferentes).

## 3. Capacitación y sensibilización

---

### 3.1. Capacitación

---

La capacitación tanto de los técnicos que hiciesen las instalaciones que de los usuarios tiene un papel extremadamente importante en cuanto a la sostenibilidad de los proyectos. Relativamente a los técnicos instaladores, se trata sobre todo de reforzamiento de la capacitación, incluyendo el contexto específico del proyecto considerado. Los usuarios deben aprender a utilizar su instalación, sin dañarla, y a hacer el mantenimiento básico.

Entonces es aconsejable preparar dos niveles de capacitación:

- Reforzamiento de capacitación: para los socios del proyecto y los instaladores.
- Capacitación básica: para los usuarios.

Este párrafo no tiene como objetivo de detallar con mucha precisión las capacitaciones a hacer, sino de servir de recuerdo para el lector deseoso de preparar una capacitación.

#### 3.1.1. Capacitación técnica

---

##### *3.1.1.1. Vulgarización de los principios básicos de electricidad*

---

Eso está dirigido sobre todo hacia los usuarios, puesto que los técnicos ya conocen estos conceptos. Se trata de explicar términos como la tensión, la intensidad de corriente, la potencia, la energía eléctrica. Para facilitar la explicación se puede apoyar sobre la analogía con las corrientes hídricas. Para ello véase el anexo en los manuales sobre cada tecnología (79) (61) (88).

##### *3.1.1.2. Funcionamiento de la tecnología*

---

En este asunto se trata de explicar las bases de funcionamiento de la tecnología de manera entendible por los usuarios. Para el reforzamiento del conocimiento de los socios e instaladores, claramente se puede ser más preciso.

- Tecnología solar fotovoltaica

Para más detalle sobre el funcionamiento de la tecnología se debe referirse al documento sobre la tecnología fotovoltaica aplicada a SFDs, SFCs y picofotovoltaico (88). Se puede explicar que se transforma la energía luminosa del sol en energía eléctrica mediante un panel solar. Por tanto se entiende que el panel debe estar orientado de manera correcta relativo al sol (hacia el norte en el hemisferio sur), para aprovechar al máximo su energía.

El panel solar produce electricidad de corriente continua que se almacena en forma de energía química en una batería, para poder aprovechar la corriente cuando el sol no luce. Por tanto la batería está calculada para satisfacer las necesidades durante días nublados.

En segunda instancia, para el reforzamiento de conocimiento de los socios y técnicos, se podrá detallar más, por ejemplo sobre el funcionamiento de una celda fotovoltaica (diagrama MPP, etc.).

- Microaerogeneradores

Para más detalle sobre el funcionamiento de la tecnología se debe referirse al documento sobre la tecnología de los MCA (79). Aquí la transformación de energía que tiene lugar es de la energía cinética del viento (o sea de la fuerza del viento) en energía mecánica con el movimiento de las palas y luego en energía eléctrica mediante un generador.

Se puede explicar que la potencia disponible en el aerogenerador depende muchísimo de la velocidad del viento, y un poco del área barrida por las palas (o sea del tamaño del MCA) y de la densidad del aire (o sea de la altura sobre el nivel del mar). Por tanto es importante hacer estudios del viento en el lugar para ubicar el MCA de modo adecuado.

La energía producida también es de corriente continua que se almacena en baterías. Similarmente al caso del panel solar, la batería está dimensionada para poder guardar suficientemente energía para días sin mucho viento.

- Microcentrales hidroeléctricas

Para más detalle sobre el funcionamiento de la tecnología se debe referirse al documento describiendo la tecnología de la pequeña hidroelectricidad (61). Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua, o sea la diferencia de desnivel entre dos puntos. El agua que se encuentra a un nivel más alto posee una energía potencial gravitatoria, que luego se manifiesta convirtiéndose en energía cinética (energía debida a la velocidad de un cuerpo) en la caída del agua. Esta energía cinética la convierten en energía mecánica mediante una turbina y luego en energía eléctrica gracias a un generador.

Es una instalación comunitaria y en general la electricidad estará proporcionada mediante una minired eléctrica: en este caso cada usuario recibirá en su casa electricidad de corriente alterna, que puede utilizar enchufando sus aparatos, como con la red convencional, sólo que no habrá tanta energía disponible como en la misma. En instalaciones muy pequeñas, se puede que sea no rentable construir una minired; entonces en general la central servirá de cargador de baterías, y cada usuario vendrá regularmente a la central para recargar su batería.

## 3.1.2. Capacitación a operación y mantenimiento

---

### 3.1.2.1. Operación

---

En cuanto a la capacitación a la operación, se debe explicar al usuario las tareas diarias que tendrá que hacer. En el ámbito del almacenamiento de la energía en baterías, sobre todo se debe insistir en la comprensión del papel del regulador de carga y de la significación de las indicaciones que da el mismo.

Se debe explicar que en los días desfavorables a la producción de electricidad (días nublados en el caso de la energía fotovoltaica, días sin viento en el caso de la energía eólica, etc.), es recomendable ahorrar la energía, por ejemplo sólo usando focos y no otras aplicaciones más golosos en energía (eso es sólo un ejemplo; las limitaciones de uso se deben adaptar a cada configuración).

También se debe comentar lo que no se debe hacer, como por ejemplo desconectar y reconectar toda la instalación, porque eso favorece la probabilidad de reconectar de malo modo.

En el caso de una instalación comunitaria, habrá una o varias capacitación(es) dedicadas específicamente a o a los operador(es).

En los Uros (lago Titicaca), las familias mueven periódicamente su casa para renovar la totora de la isla. Por tanto desconectan todo y se notó que había malas conexiones o piezas perdidas, lo más grave siendo baterías funcionando sin regulador por olvido de reconectarlo. (34)

Se debería proporcionar al usuario un manual de operación para que pueda revisar las tareas básicas.

### *3.1.2.2. Mantenimiento*

---

En esta parte se deben explicar las tareas sencillas que tiene que hacer el usuario para optimizar la duración de su instalación. El usuario puede realizar tareas sencillas como:

- Limpiar el panel fotovoltaico
- Limpiar las conexiones eléctricas
- Cortar ramas o árboles que se acercan a la instalación
- En el caso de una batería no libre de mantenimiento, debe mantener el nivel de electrolito echando agua destilada una a dos veces por año.
- Nunca desconectar el regulador de la batería, ya que es él que maneja la batería y que la cuida de las descargas profundas y de las sobrecargas.

En caso de falla de la instalación, el usuario no debe tratar de repararla sí mismo, pero debe seguir el procedimiento definido por los responsables de proyecto, que suele ser avisar a un operador local capacitado que decidirá si puede hacer la reparación o si comunicará la falla a técnicos profesionales.

Se debería incluir en el manual del usuario sobre la operación también las tareas básicas de mantenimiento y el comportamiento a seguir en caso de fallas.

## *3.2. Sensibilización*

---

### *3.2.1. Sensibilización a la salud*

---

La generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables no bota ni humo ni GEI<sup>64</sup> al aire ambiente. Tradicionalmente la gente utiliza para iluminarse combustibles que pueden ser velas, querosén y a veces, pero muy raramente, gas de bombona; también generan electricidad mediante pequeños generadores diesel. Estos combustibles emiten humo que vicia el aire de la vivienda y también GEI que, además de contaminar el medio ambiente, hacen necesario ventilar mucho la vivienda para renovar el dióxígeno.

El humo puede causar:

- tos,
- irritación en la garganta,
- irritación en los senos nasales,
- falta de aire,
- dolor de pecho,
- dolor de cabeza,
- irritación en los ojos,
- goteo de nariz.

En todos los proyectos visitados en el Perú, la mayoría de la gente señaló que gozaba de tener menos dolores de ojos y menos tos gracias a la electricidad limpia. (34) (39) (58)

A la larga el humo puede resultar en enfermedades respiratorias, que son el primer motivo de consulta en todo el país, sea en invierno o en verano. A largo plazo puede provocar también enfermedades muy graves como el cáncer del pulmón.

Además, el humo se deposita en forma de hollín sobre las paredes interiores y otros objetos de la vivienda, ensuciándola. Así el hogar no vive en un entorno limpio y por causa del oscurecimiento de las paredes, no se puede aprovechar bien de las fuentes de luz. Para disfrutar al máximo de las fuentes de iluminación, las paredes de la vivienda deberían estar pintadas de blanco, que refleja la luz.

Las fuentes tradicionales son más peligrosas que la electricidad proviniendo de energías renovables, sobre todo las velas que pueden fácilmente botar fuego a la vivienda. Ya se dieron casos de incendios mortales.

En las islas de los Uros (lago Titicaca), hubo varios incendios con fallecimiento de niños por causa de velas incendiando la totora en que están construidas las islas y las casas. (34)

La instalación de electricidad parece también tener una influencia sobre el bienestar de las familias, muchas personas mencionando la “felicidad” proporcionada por la luz, que es más bonita, según las declaraciones de varias personas en los proyectos visitados. Además con esta luz de mejor calidad, las personas del hogar que tienen que estudiar (escolares, colegiales, estudiantes) no se estropean los ojos.

Una fuente convencional de producción de electricidad como el generador diesel causa ruido, tanto más cuanto que se encuentra en la vivienda. Algunas energías renovables como la eólica también ocasionan ruido, pero al encontrarse fuera de la casa, no constituyen realmente una molestia.

---

<sup>64</sup> Gases de Efecto Invernadero

### 3.2.2. Sensibilización al medio ambiente

---

Todas las fuentes de energía consideradas son renovables, lo que significa que estas fuentes son inagotables porque se pueden regenerar por medios naturales. En este sentido se debe mencionar que el cambio climático podría cambiar la disponibilidad de las fuentes de energía renovable, pero aún no se conoce ni cuánto ni cómo; expertos consideran que los regímenes hidrológicos de algunas zonas del Perú podrían ser afectados, la cantidad de agua superficial disponible disminuyendo. Por tanto, se ve interesante prevenir la eventualidad de la disminución del recurso hídrico haciendo adaptaciones técnicas a los equipos de microcentrales hidroeléctricas. (89)

La principal ventaja de las fuentes de energía renovable relativa al medio ambiente es que a la diferencia de las energías convencionales, la obtención de la energía no contamina al medio ambiente.

La generación de electricidad mediante instalaciones fotovoltaicas, eólicas o hidroeléctricas aisladas presenta las siguientes características que ayudan a la protección del medio ambiente:

- No agota los recursos del medio ambiente.
- No emite GEI que aumentan el calentamiento global.
- No emite humo.
- Una instalación aislada bien hecha<sup>65</sup> no introduce muchos cambios en el medio cercano, respetando así la fauna, la flora y el paisaje.
- Si la electricidad viene a reemplazar la leña, permite disminuir la deforestación.

Un punto débil en los pequeños sistemas de generación de electricidad autónomos es la utilización de baterías, que son constituidas principalmente de plomo. Este metal se debe reciclar para no ocasionar perjuicios al medio ambiente y dañar la salud humana. Los componentes de las baterías – plomo, aleaciones, polipropileno y ácido sulfúrico – tienen un amplio potencial de reciclaje. Existen al nivel gubernamental tentativas de desarrollar una rama de reciclaje de baterías (90), pero aún no existen en el país (33). Sin embargo, se encuentran fabricantes de baterías que se encargan de recolectar los acumuladores usados y en grandes proyectos fotovoltaicos se pide que los fabricantes propongan una solución para las baterías en fin de vida (33).

### 3.2.3. Sensibilización económica

---

La sensibilización de los usuarios a aspectos económicos tiene varias facetas:

- Cultura del ahorro de energía
- Potencial de desarrollo del hogar o de la comunidad
- Pagamiento del servicio
- Mantenimiento de la instalación

---

<sup>65</sup> Por ejemplo en el caso de las MCH, una instalación bien hecha deja un caudal mínimo ecológico en el río, conlleva una escalera de peces para peces migratorios, etc.

### *3.2.3.1. Cultura del ahorro de energía*

---

Aunque las energías renovables son, por definición, inagotables, es importante sensibilizar a la gente al ahorro de energía. La instalación de electricidad en una vivienda que solía utilizar sólo fuentes tradicionales de energía en su vida cotidiana ocasiona un entusiasmo bien comprensible y las ganas de gozar de todas las aplicaciones posibles. Sin embargo, las instalaciones tienen un límite en potencia que hace muy difícil la utilización de ciertos aparatos de gran potencia como licuadoras, refrigeradoras, lavadoras, microondas, etc. Las familias o comunidades beneficiarias de proyectos de instalaciones aisladas deberán entender que no es posible añadir cualquier aparato a su equipo.

Además, las energías renovables son inagotables pero como son naturales, su disponibilidad varía según la estación y/o a lo largo del día:

- Energía solar: la disponibilidad varía a lo largo de las 24 horas del día (no hay sol en la noche), según la meteorología (hay menos radiación en días nublados) y según la estación (los rayos del sol tienen una incidencia sobre la superficie de la tierra menos favorable en invierno que en verano).
- Energía eólica: la disponibilidad varía según la estación (hay meses menos ventosos que otros) y según la meteorología (dentro de un mes, cada día tiene características de viento diferentes). El viento puede soplar tanto en la noche como en el día, aunque suele ser más suave en la noche y que tiene una dirección diferente; de hecho, en el día soplan en la sierra la brisa de valle en el día y la brisa de montaña en la noche, mientras que en la costa soplan la brisa de mar en el día y la brisa de tierra en la noche.
- Energía hidráulica: el caudal de los ríos varía según la estación, si es de lluvias o seca. Pero no varía entre las horas de día y de noche.

Por fin, se recomienda educar al usuario de electricidad a ahorrar esta cuando no la necesita, para poder disponer de más electricidad cuando se vuelva necesario y en el caso de una instalación comunitaria, para permitir a los otros usuarios de disfrutar de la electricidad que necesiten también:

- Apagar las luces en una habitación donde no se encuentra nadie.
- Apagar los aparatos eléctricos ya que tan pronto como no estén utilizados.
- En caso que la instalación disponga de un inversor, apagar éste tan pronto como los aparatos necesitando corriente alterna no estén utilizados. Eso es muy importante ya que el inversor origina pérdidas de energía.

### *3.2.3.2. Potencial de desarrollo del hogar o de la comunidad*

---

La llegada de electricidad a un hogar o una comunidad, sea mediante la red convencional o instalaciones aisladas, permite entrever nuevos potenciales de desarrollo para dicho hogar o comunidad.

Disponer de una iluminación de calidad facilita a los escolares y colegiales la realización de sus tareas, por tanto favorece el éxito de sus estudios. Además se pueden realizar trabajos productivos en la noche, como tejer o hilar, cuyos frutos pueden luego venderse, generando más ingresos para la familia.

En la comunidad de los Uros (lago Titicaca), que vive principalmente del turismo, la gente disponiendo de un panel solar suele hacer su trabajo artesanal muy tarde en la noche. La iluminación ha ayudado a generar más ingresos. (34)

También se puede sensibilizar el hogar a los ahorros de combustible que hará.

Los hogares pueden comprarse aparatos como radio o televisión, que les permite conocer noticias de su región, de su país y también del mundo, aumentando así su cultura y su apertura al mundo. Además pueden decidir de crear tiendas o pequeñas industrias, que beneficiaran a la comunidad: por ejemplo juguería, tienda de videos, sala de televisión, carga de baterías, peluquería, soldadura y cerrajería, llantería, etc.

Estos usos productivos de la electricidad crean nuevos empleos en la comunidad, aumentan la calidad de vida de esta y la hacen más atractiva. Además aprovechan la electricidad en el día, mientras que los hogares aprovechan mucho más la electricidad en la noche, ya que la utilizan principalmente para iluminarse y que en el día están trabajando en el campo.

### *3.2.3.3. Pagamiento del servicio de abastecimiento de electricidad*

---

Si el tipo de modelo de gestión escogido es de cesión en uso con pagamiento de cuotas mensuales por el servicio de electricidad, los beneficiarios del proyecto tienen que sacar de su bolsillo una cierta suma cada mes, lo cual les parece a veces abusivo por varias razones:

- Gratuidad de las fuentes de energía: el sol, el viento, el agua son dados por la naturaleza.
- Posible conexión de un pueblo vecino a la red convencional, cuyas tarifas son más baratas, porque está subvencionada por el gobierno.

Hay que recalcar que la cuota no paga la fuente de energía, sino la instalación, la disponibilidad de un operador y de técnicos para el mantenimiento y un fondo de reemplazamiento de piezas sueltas – así que un componente en la instalación del usuario falla, no tendrá que pagar para recibir un nuevo componente.

### *3.2.3.4. Cuidado de la instalación*

---

Se nota en varias experiencias y varios contextos en el mundo que cuando uno no tiene que pagar por algo, no lo cuida. Así que o vender el equipo al usuario, o cobrarle una tarifa periódica, garantiza un mejor cuidado de su parte que en el ámbito de sencillas donaciones. Como dice Rafael Espinoza, director del CER-UNI, “lo que te pertenece, lo cuidas” (33).

## Conclusión

---

El Perú presenta una gran riqueza de recursos de energía renovables que pueden ser aprovechados para cambiar la matriz energética del país y aportar electricidad a zonas rurales que todavía no tienen acceso a la red nacional interconectada. Sin embargo, la repartición de las fuentes de energía renovables no es igual en todo el país y para cada localización, se deberán estudiar las características que favorecen la utilización de una u otra fuente de energía. Las tres grandes regiones climáticas – costa, sierra, selva – ya dan cierta idea de los recursos más abundante en estas regiones, pero la variación local es de primera importancia.

Un punto importante en el desarrollo de proyectos es la identificación de la demanda y de las necesidades. Por ejemplo, en Mongolia Interior (China) la demanda por microaerogeneradores fue fomentada por la implementación de una estación de televisión. Es importante investigar los deseos de la gente, para no sobredimensionar los sistemas autónomos de generación de electricidad, o a contrario subdimensionarlos, implementado por ejemplo sistemas que sólo pueden abastecer focos mientras que las personas quieren comprar televisores o implementar usos productivos, que solicitan más potencia.

Los puntos clave en la implementación de un programa o proyecto de difusión son la fiabilidad técnica, inversión y gestión de proyectos; hay que definir las funciones de cada agente del proyecto y asegurar que sea coherente en todos niveles jerárquicos. Si está bien pensado el modelo de gestión, permite lograr la sostenibilidad de la implementación de la tecnología. En los modelos de gestión vistos en este documento, un punto imprescindible para el éxito es que los usuarios pagan algo, sea por el servicio o por el sistema. Cuando los sistemas son simplemente regalados, parece que los usuarios descuidan el manejo y el mantenimiento, además porque en general los donantes no aguantan por servicio post-instalación de mantenimiento. Los modelos de gestión que destacan son el modelo de cesión en uso, para lo cual parece eficiente establecer un modelo microempresarial como lo hace Soluciones Prácticas, y el modelo de venta a plazos. La involucración de los usuarios en el modelo de gestión, en la instalación de los sistemas y en el manejo de los mismos se ve como algo importante para que se apropien la tecnología y que ella pegue, con posibilidad a largo plazo de autosostenibilidad. Se busca favorecer el aprovechamiento de la electricidad por el usuario a fines productivas, porque así se puede realmente desarrollar, tener más ingresos y dar un impulso a su nivel de vida, y a él de su propia comunidad.

En las experiencias internacionales destaca la necesidad de financiamiento mediante posibilidades de crédito (microfinanzas) para desarrollar un mercado comercial y sostenible de sistemas autónomos basados en energías renovables. De hecho, los potenciales usuarios generalmente no tienen el recurso pecuniario suficiente para poder comprar en una vez un sistema de electrogeneración. Sin embargo existen excepciones, ya que a veces es suficiente la venta de una cabeza de ganado para conseguir el dinero necesario; es lo que pasó en Mongolia Interior con los MCAs. Pero familias que viven en pobreza extrema no siempre pueden permitirse vender una parte de su ganado.

Otro punto clave parece la implementación de sistemas de demostración, ya que las tecnologías apropiadas no son muy conocidas ante los potenciales usuarios. Al ver sistemas en marcha se fomentan de boca en boca el conocimiento sobre el funcionamiento de las tecnologías, sus aportes y sus limitaciones.

Se ve también muy importante la existencia de distribuidores locales, ofreciendo soluciones enteras (o sea, que venden todos los componentes de un sistema de electrogeneración), posibilidades de mantenimiento y reemplazo de piezas sueltas, y de la política de marketing, que es algo que dificulta las pequeñas empresas peruanas que comercializan e instalan sistemas de generación de electricidad autónomos.

En cuanto a la competitividad de las diferentes tecnologías en la producción de energía, donde el recurso está disponible de manera suficiente, las microcentrales hidroeléctricas son más ventajosas que los microaerogeneradores, que mismos son más ventajosos que los paneles solares. Pero eso es sólo un criterio, ya que en lugares donde hay buena irradiancia solar y, por ejemplo, viento débil o muy turbulento, será más competitivo instalar sistemas fotovoltaicos que tratar de aprovechar el recurso eólico.

Relativo a la fabricación local, que es un buen medio para crear empleos y que entretiene la formación de técnicos especializados, hoy en día la tecnología microhidroeléctrica es la única que conlleva elementos con potencial de fabricación en el país. En cuanto a la tecnología de microaerogeneradores, la mayoría de los componentes pueden ser fabricados en el Perú, a parte de los imanes permanentes que deben ser importados, y también las baterías de calidad y los reguladores de carga. En el caso de la tecnología fotovoltaica, además de las baterías y de los reguladores se debe importar el panel, lo que ya hacen bastantes distribuidores. Para dar impulso a la fabricación local, ya que es poco probable que pequeñas empresas tenga tiempo y/o recursos para desarrollar nuevos diseños de tecnologías apropiadas, se podrían desarrollar convenios entre empresas y otras instituciones como universidades, institutos u ONGs, para realizar una transferencia de tecnología, como lo hizo Soluciones Prácticas en el tema de las pequeñas turbinas hidráulicas y eólicas.

## Bibliografía

---

1. Sunlight Electric. *Photovoltaic History*. [Online]  
<http://www.sunlightelectric.com/pvhistory.php>.
2. **Villa Loja, Andrés**. Energía fotovoltaica. [Online] 2008.  
<http://www.monografias.com/trabajos61/energia-fotovoltaica/energia-fotovoltaica2.shtml>.
3. Wikipedia. *Energía solar en España*. [Online]  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_en\\_Espa%C3%B1a](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_Espa%C3%B1a).
4. Energía para el desarrollo sostenible. *Planta de reciclaje de módulos fotovoltaicos pionera en Europa*. [Online] abril 25, 2011. <http://electricidadsostenible.blogspot.com/2011/04/planta-de-reciclaje-de-modulos.html>.
5. **The Ashden Awards for sustainable energy**. *Photovoltaic solutions for a wide variety of buildings in the UK*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2007.
6. —. *Solar villages in Huddersfield*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2006.
7. —. *Rural Energy Foundation, Sub-Saharan Africa*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2010.
8. —. *Providing affordable solar systems in Northern Tanzania*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2007.
9. —. *PV-powered vaccine refrigeration for remote villages in north-east Nigeria*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
10. **Soluciones Prácticas**. *Lighting fo rural homes using a solar lantern*. s.l. : Soluciones Prácticas.
11. **The Ashden Awards for sustainable energy**. *REDP - Bringing affordable, high-quality solar lighting to rural China*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2008.
12. —. *Aryavart Gramin Bank helps customers to buy solar home systems*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2008.
13. —. *Affordable solar lanterns to replace kerosene lamps*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
14. —. *Solar lamps for street hawkers*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2003.
15. —. *Grameen Shakti - Promotion and microfinance of solar home systems for rural households in Bangladesh*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2006.
16. —. *Solar PV enabling small businesses to develop*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
17. —. *Solar cooperative for Bangladeshi women*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
18. —. *Rental of PV systems provides quality lighting in remote Laos villages*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2007.

19. —. *Microfinance provides solar lighting to homes in rural Sri Lanka*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2006.
20. **Chow, Jack T.** *Assessment of Solar Home Systems (SHS) for Isolated Rural Communities in Vanuatu Using Project Lifecycle / Sustainability Framework*. Houghton : Michigan Technological University, 2010.
21. **RIASEF.** RIASEF. [Online] <http://fc.uni.edu.pe/riasef/>.
22. *Energías renovables en Latinoamérica*. Lima : Hidrored, Soluciones Prácticas - ITDG.
23. **RIASEF.** *Proyectos fotovoltaicos productivos en Iberoamérica - Pequeñas aplicaciones fotovoltaicas en zonas áridas*. Lima : RIASEF, 1994.
24. *Genera - Energía eléctrica para hogares rurales en América Latina*. **Boyd, Patricio and Ochoa, Juan José.**
25. **The Ashden Awards for sustainable energy.** *TECNOSOL, Nicaragua*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2010.
26. —. *ECAMI - Supporting rural development with photovoltaic power systems*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2009.
27. **IDTR.** [Online] [http://www.idtr.gob.bo/idtr\\_Proyectos/Proyectos.php](http://www.idtr.gob.bo/idtr_Proyectos/Proyectos.php).
28. —. [Online] [http://www.idtr.gob.bo/programa\\_Proyectos/GPOBA-SFVS.pdf](http://www.idtr.gob.bo/programa_Proyectos/GPOBA-SFVS.pdf).
29. **RIASEF.** *Proyectos fotovoltaicos productivos en Iberoamérica - Implementación de una Infraestructura Productiva para Abrevaderos y Pequeños Huertos Comunales en el Municipio de Pasorapa*. Lima : RIASEF, 2002.
30. —. *Proyectos fotovoltaicos productivos en Iberoamérica - Análise do sistema de irrigação na região semi-árida do nordeste, utilizando o bombeamento de água acionado por geradores fotovoltaicos com concentradores tipo V*. Lima : RIASEF, 2007.
31. *El estado actual del uso de la energía solar en el Perú*. **Horn, Manfred.** N°11: Los retos energéticos del Perú, Lima : Perúeconómico, nov. 2006, Vol. XXIX.
32. **DEP/DGER/MEM.** *Atlas de Energía Solar del Perú - 2003*. [Online] 2003. <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/#>.
33. **Espinoza, Rafael.** *Entrevista con R. Espinoza, director del CER-UNI*. Lima, enero 31, 2011.
34. **Huaraco, Jorge.** *Visita de instalaciones fotovoltaicas en el lago Titicaca, incluso el proyecto del CER-UNI*. Puno, marzo 20-22, 2011.
35. **Arivilca, Roberto.** *Entrevista con R. Arivilca, gerente de Geo Energía*. Lima, enero 11, 2011.
36. Perú Microenergía. [Online] <http://www.perumicroenergia.org/>.
37. **Olivares Magill, Jessica.** *Visita del proyecto Luz en Casa - Piloto fotovoltaico de Perú Microenergía*. Cajamarca, marzo 17, 2011.
38. **The Ashden Awards for sustainable energy.** *ISF - Hispanic American health link in the Upper Amazon*. London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2003.
39. **Prácticas, Soluciones.** *Visita del proyecto de Soluciones Prácticas en Alto Perú*. Cajamarca, marzo 15, 2011.

40. **Delgado, José.** *Experiencias en electrificación rural fotovoltaica en Cajamarca.* Cajamarca : TECNOSOL EIRL, 2009.
41. **Verastegui, Angel.** *Entrevista con A. Verastegui, GIZ.* Lima, febrero 23, 2011.
42. **Horn, Manfred.** *Entrevista con M. Horn, profesor de física en la Facultad de Ciencias de la UNI y miembro fundador del CER-UNI.* Lima, febrero 8, 2011.
43. **OSINERGMIN.** Ley que crea el Fondo de Compensación Social Eléctrica. *Ley n°27510.* Lima : OSINERGMIN, 2007.
44. **Hadzich, Miguel.** *Entrevista con M. Hadzich, coordinador del GRUPO-PUCP.* Lima, marzo 3, 2011.
45. **Reiche, Kilian, et al.** *What difference can a PicoPV system make?* Eschborn : GTZ, mayo 2010.
46. **Bayod Rújula, Ángel Antonio, et al.** *Guía de energías renovables aplicadas a las PyMEs.* s.l. : CEPyME ARAGÓN.
47. **Cuesta Santianes, María José, Pérez Martínez, Marta and Cabrera Jiménez, Juan Antonio.** *Aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW.* Madrid : Ministerio de Ciencia e Innovación, julio 2008.
48. *Electrificación rural con aerogeneradores en América Latina.* **Arribas, Luis.** Cusco : CIEMAT, noviembre 2010.
49. **Batchelor, Simon, et al.** *Evaluating the impact of wind generators in Inner Mongolia.* London : Department for International Development, March 1999.
50. **Musafer, Namiz.** *Electricity from Small Wind Turbine Generators - ITDG Experience in Sri Lanka.* s.l. : ITDG.
51. **Dunnett, Simon, Khennas, Smail and Piggott, Hugh.** *Small wind systems for battery charging.* Bourton on Dunsmore : ITDG, July 2001.
52. [Online] <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/nollorenporimi/arge.htm>.
53. **Chiroque, José and Dávila, Celso.** *Microaerogenerador IT-PE-100 para electrificación rural.* Lima : Soluciones Prácticas - ITDG, 2008.
54. *Potencial del viento y la aerogeneración en el Perú.* **Mayorga Navarro, Emilio.** Lima : s.n., 2007.
55. **DFC/DGER/MEM.** *FONER - Atlas eólico del Perú.* Lima : DFC/DGER/MEM, 2008.
56. *Perspectivas de difusión de aerogeneradores en regiones rurales del Perú.* **Mayorga Navarro, Emilio.** Tacna : GVEP Perú, 2008.
57. *Energía eólica para energizar áreas rurales.* **Dr. Gonzáles Chávez, Salomé.** Lima : s.n.
58. **Prácticas, Soluciones.** *Visita del proyecto de microaerogeneradores en El Alumbre.* Cajamarca, marzo 16, 2011.
59. *Aprovechamiento de la energía eólica para la electrificación rural en el Perú.* **Coello Guevara, Javier and Chiroque Baldera, José.** 59, s.l. : Energía & negocios, marzo 2008.
60. **de Lucas Cabañas, Gerardo.** *Entrevista con G. de Lucas Cabañas, ingeniería WAIRA Energía SAC.* Lima, febrero 3, 2011.

61. **Forget, Astrid.** *Manual para ayudar la comprensión del diseño de microcentrales hidroeléctricas aisladas.* Lima : Microsol, 2011.
62. **MHyLab.** *FAQ.* Bruxelles : European Small Hydropower Association (ESHA), 2005.
63. **Castro, Adriana.** *Minicentrales hidroeléctricas.* Madrid : IDAE, 2006.
64. *Flowing to the East - Small hydro in developing countries.* **Taylor, Simon, Upadhyay, Drona and Laguna, Maria.** s.l. : Renewable Energy World, Jan.-Febr. 2006.
65. **The Ashden Awards for sustainable energy.** *Electricity generation from historic water-mills.* London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
66. —. *Micro-hydro power for villages in the historic rice terraces of the Philippines.* London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2005.
67. —. *AKRSP - Micro hydro power in rural Pakistan.* London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2004.
68. **IN-SHP.** *Light-Up Rural Africa (LURA): Shiwang'andu Mini Hydro Project, Zambia.* s.l. : IN-SHP, 2010.
69. **IDTR.** [Online] [http://www.idtr.gob.bo/programa\\_Proyectos/KFW-MCHS.pdf](http://www.idtr.gob.bo/programa_Proyectos/KFW-MCHS.pdf) .
70. **INTEGRATION environment & energy.** *Ecuador - Utilisation of Renewable Energy Resources.* s.l. : INTEGRATION environment & energy, 2005.
71. **The Ashden Awards for sustainable energy.** *Cooperativa de Energia e Desenvolvimento Rural do Médio Uruguai Ltda.* London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2010.
72. **Alder do Prado, João.** *Cooperativa Regional de Eletrificação Rural do Alto Uruguai Ltda.* London : The Ashden Awards for sustainable energy, 2008.
73. **Prácticas, Soluciones.** *Visita del Centro de demostración y capacitación en tecnologías apropiadas CEDECAP en Cajamarca.* Cajamarca, marzo 14, 2011.
74. **Forget, Astrid.** *Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares.* Lima : Microsol, 2011.
75. **Dr. Ercilio Moura, Francisco, et al.** *Desafíos del derecho humano al agua en el Perú.* Lima : Julio Acuña Velásquez, setiembre 2005.
76. **Kadono Nakamura, César.** *La Radiación Solar en el Perú.* Lima : PAIME - DEM - UNI, 1972.
77. *Estimación de la energía solar en el Perú.* **Vasquez, J. W and Lloyd, P.** 1, pág. 43-66, s.l. : Energética (OLADE), abr. 1967, Vol. 11.
78. **CER-UNI.** *Marco tecnológico de sistemas fotovoltaicos (SFV) para generación de energía eléctrica.* Lima : s.n., enero 2005.
79. **Forget, Astrid.** *Manual para ayudar la comprensión del diseño de microaerogeneradores.* Lima : Microsol, 2011.
80. **de Lucas Cabañas, Gerardo.** *Cooperación al desarrollo: Transferencia de tecnología eólica en la fabricación de micro-aerogeneradores mediante tecnologías apropiadas en regiones rurales andinas del Perú.* Leganés : Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
81. **EURO-SOLAR.** Programa EURO-SOLAR. [Online] junio 10, 2011. <http://www.programaeuro-solar.eu/>.

82. **Sánchez, Teodoro.** *Organización de servicios eléctricos en poblaciones rurales aisladas.* Lima : Soluciones Prácticas - ITDG, 2007. ISBN 978-9972-47-135-3.
83. **Marcelo, Oliver.** *Entrevista con O. Marcelo de ISF - Ingeniería sin Fronteras.* Lima, febrero 10, 2011.
84. **Prácticas, Soluciones.** *Visita de la microcentral hidroeléctrica en Yanacancha Baja, Cajamarca.* Cajamarca, marzo 15, 2011.
85. **Perú Microenergía.** Observatorio Energético. *NOTA INFORMATIVA - Perú Microenergía: Primer proveedor peruano de Energía Eléctrica Fotovoltaica con acceso al FOSE.* [Online] mayo 2011. <http://observatorioenergetico.blogspot.com/2011/05/servicio-comercial-por-sistemas.html>.
86. **ADINELSA, DEP/MEM.** *Modelo de administración de la energía eléctrica no convencional con sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD).* Lima : s.n.
87. **Horn, Manfred and Espinoza, Rafael.** Modelos de gestión en la electrificación rural con energía solar fotovoltaica en el Perú. [Online] marzo 23, 2001. [http://fc.uni.edu.pe/mhorn/gestion\\_fv.htm](http://fc.uni.edu.pe/mhorn/gestion_fv.htm).
88. **Forget, Astrid.** *Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados.* Lima : Microsol, 2011.
89. **Ramos, Graciela Prado.** *Estudio de scaling up en microcentrales hidroeléctricas: experiencias de Soluciones Prácticas - ITDG.* Lima : Soluciones Prácticas, 2006.
90. Ministerio del Ambiente - Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos. *Prepublicación - Proyecto de reglamento sobre el manejo de baterías de plomo ácido usadas.* [Online] <http://www.redrrss.pe/material/20090128193521.pdf>.
91. **Forget, Astrid.** *Difusión de sistemas de autogeneración de electricidad a partir de fuentes de energía renovables en el Perú.* Lima : Microsol, 2011.

## Anexos

### A. Mapa de energía solar del Perú



Ilustración A.a: Energía solar incidente diaria en promedio anual (1975-1990) en el Perú (32)

## B. Mapa eólico del Perú

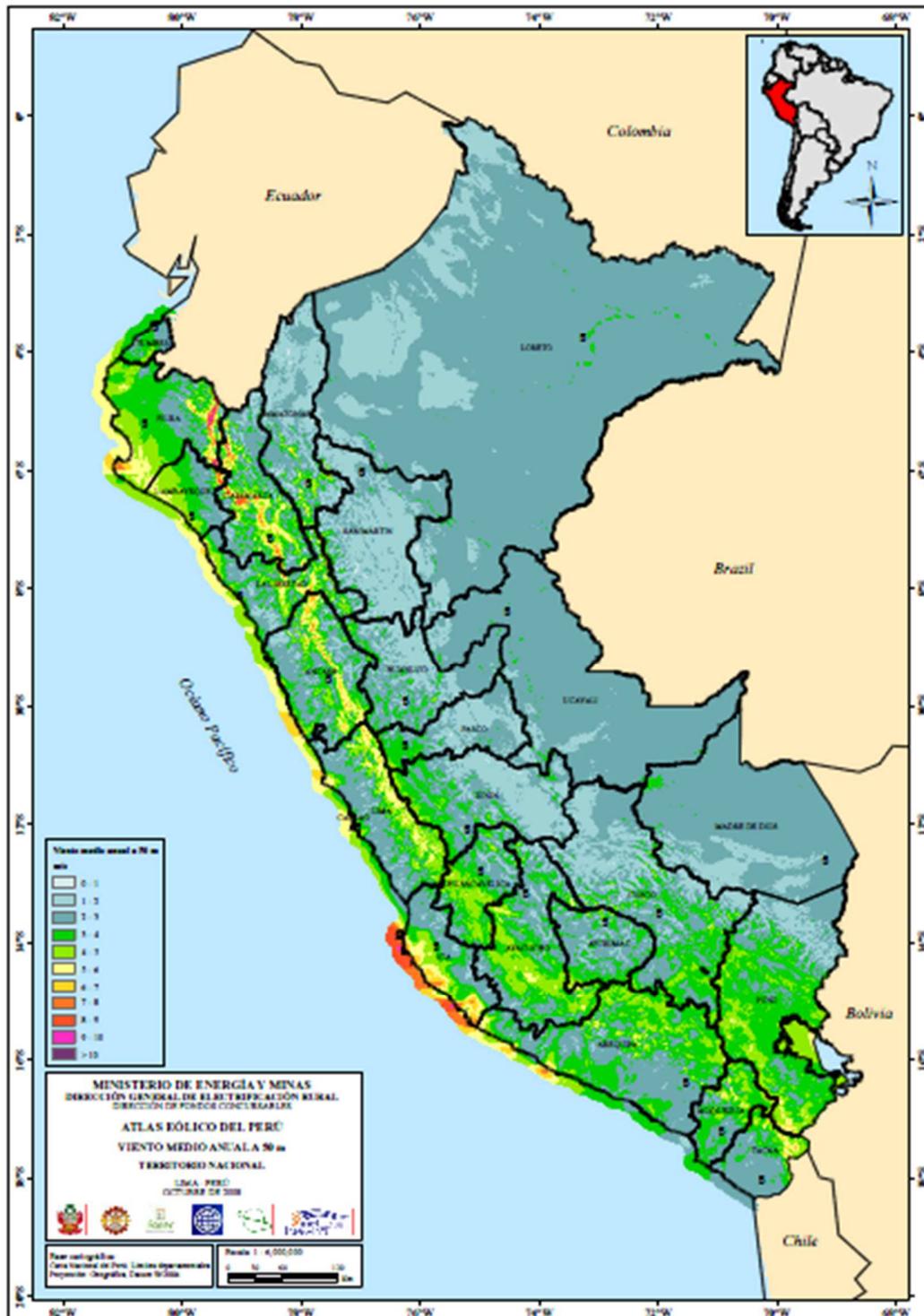


Ilustración B.a: Viento medio anual a 50 m en el Perú (55)