

ESTIMACION DEL POTENCIAL DE INTRODUCCION DE ENERGIAS RENOVABLES EN BOLIVIA ⁽¹⁾

Miguel Fernández F. - miguel@eneretica.org.bo
ENERGETICA- Energía para el Desarrollo, Bolivia

Resumen

En Bolivia, las energías renovables hace muchos años que juegan un rol importante en el desarrollo energético rural, sin embargo, poco a poco se van vislumbrando opciones de aplicación urbana que pueden ser competitivas.

Considerando el contexto, de una nueva Constitución Política del Estado respetuosa del medio ambiente, las declaraciones y compromisos de cambio de la matriz energética desplazando poco a poco los combustibles fósiles por fuentes más limpias, así como una mayor conciencia sobre los impactos del cambio climático, el tema se posiciona cada vez más en el país.

En el contexto internacional, luego de la cumbre de Copenhague y sus resultados, uno de los temas que salió a relucir fue el energético. La apuesta global sería por las energías renovables como una de las salidas a los problemas de la contaminación proveniente del sector energético.

Así, en este artículo se pretende mostrar la situación de las energías renovables en Bolivia y, una estimación del potencial de introducción que existe, así como los potenciales y limitaciones existentes para el desarrollo de estas fuentes de energía.

1. CONTEXTO PARA LA ENERGIA RURAL EN BOLIVIA

En el mundo aún existen cerca de 2.000 millones de personas que no tienen acceso a servicios de energía moderna, en América Latina el Caribe son aproximadamente 47 millones de personas que no tienen acceso a la electricidad.

En Bolivia, la cobertura eléctrica el año 2007 en Bolivia fue del 71% (cobertura urbana 89%, cobertura rural 39%). A pesar de los esfuerzos realizados en la electrificación rural con redes eléctricas, aún 3 millones de personas no tienen acceso a electricidad y casi 4 millones usan leña como fuente principal de energía.

En el contexto rural, está validado que el acceso a la energía marca la diferencia en la calidad de vida de la gente y mejora sus condiciones de sostenibilidad. Estas familias tienen un acceso limitado a la energía usando pilas, velas y mecheros, pero en términos reales, las familias rurales pobres⁽²⁾ proporcionalmente pagan más por servicios de energía de baja calidad.

En el área rural los hidrocarburos apenas si llegan, particularmente el GLP de amplio uso a nivel urbano, solo está presente en los centros rurales más importantes, mientras que al resto del territorio nacional sencillamente no existe presencia de este combustible. La principal fuente energética en estas áreas dispersas y alejadas, es la biomasa que en promedio cubre el 80% de la demanda total rural de energía (existiendo algunas zonas donde este recurso cubre hasta el 97% de esta demanda (INE, ESMAP 1997), situación que no ha cambiado en los últimos 13 años.

Mientras las ciudades tienen una cobertura entre 80% y 90%, en el área rural apenas llega a un 39% ⁽³⁾. Los consumos en electrificación rural alcanza en promedio apenas a 25 kWh/mes por familia y la mediana se posiciona en 32 kWh/mes por familia, una cantidad de energía que solamente permite un uso limitado de iluminación, radio y algunas horas de televisión ⁽⁴⁾.

Se puede afirmar que una gran parte del sector rural está prácticamente marginado de los sistemas convencionales de energía. Mientras la población urbana de Bolivia vive ya en el Siglo XXI, la población rural, dispersa y aislada aún tiene una realidad del siglo XIX. Dos siglos es la distancia entre el campo y la ciudad.

2. DIFERENCIAS ENERGÉTICAS URBANO – RURALES

En la dimensión de análisis urbano-rural, la diferencia se visualiza desde el punto de vista de oportunidad de acceso a energéticos económicos. Las ciudades más grandes en Bolivia, tienen un abastecimiento regular de GLP, GN,

¹ Este artículo se basa principalmente en la publicación "Rol e Impacto socio-económico de las energías renovables en Bolivia", publicado por la Plataforma Energética 2010 y, "Energías Renovables en Bolivia", publicado por IBNORCA 2010. Ambas publicaciones son del autor

² A lo largo de este documento los términos "pobres", "pobreza" se refiere a las condiciones de la población que no cumple con niveles mínimos de bienestar asociados a las características de la vivienda, disponibilidad de servicios de agua, saneamiento, insumos energéticos, niveles educativos y atención de salud, definidas por el índice de NBI (necesidades básica insatisfechas) del INE.

³ Anuario Estadístico del Sector Eléctrico 2008. Declaraciones del Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas en Diciembre de 2009 mencionaban la cobertura rural en un nivel cercano a 45%, sin embargo no se pudo corroborar este dato.

⁴ Aunque existen zonas donde los consumos eléctricos están por debajo de los 20 kWh/mes aún

combustibles líquidos y electricidad, mientras que en el área rural la llegada de estos energéticos es poco menos que fortuita y en muchos casos impensable.

Las diferencias de patrones de consumo energético entre una familia rural y una familia urbana se pueden analizar reduciendo todos los energéticos que se consumen a una sola unidad equivalente como sería el Barril Equivalente de Petróleo (BEP). En el siguiente cuadro se muestra esta situación.

Cuadro 1: Patrones de Consumo Energético Familiar Urbano – Rural (BEP/ año⁽⁵⁾)

Fuente	Urbano	Rural
Biomasa	0.27	5.01
Diesel / kerosene	0.15	0.215
GLP	1.49	0.12
Electricidad	1.38	0.016
Total BEP/año	3.29	5.361
Total BEP/año (energía útil)	1.93	0.65

Fuente: Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE CEPAL GTZ. Fernández, Ríos. 1997

Es posible observar que unas fuentes suministran energía térmica, mientras que otras proporcionan iluminación y comunicación. El área urbana centra su suministro energético en la electricidad y el GLP (ambas representan el 87% del total del consumo), mientras que el área rural el mayor peso está en la biomasa (93%), y el diesel/kerosene (4%).

Al comparar el consumo en el área urbana y rural de una misma fuente energética, se tienen diferencias apreciables, pues mientras el consumo de biomasa de una familia rural es 19 veces más respecto a una familia urbana, para el caso del GLP una familia urbana consume 12 veces más que su homóloga rural. Finalmente en el caso de electricidad, una familia urbana consume 86 veces más energía eléctrica que una familia rural.

De los totales del cuadro 1 se observa que, físicamente el volumen total de energéticos consumidos por una familia rural es 1,6 veces mayor que el que consume una familia urbana. Sin embargo cuando se analiza los rendimientos de los energéticos y se calcula la energía útil que utiliza cada familia, la relación se invierte: una familia urbana dispone de 3 veces más energía útil que una familia rural. Esta situación muestra la indigencia energética rural que existe como consecuencia del empleo de tecnologías energéticas ineficientes.

Este hecho ratifica que el sector rural está prácticamente marginado de los sistemas convencionales de energía, pues si bien el GLP y la electricidad han empezado a penetrar en el mercado rural, aún tropiezan con la barrera de la dispersión y la falta de acceso. Además los ingresos económicos en el área rural, son mucho más bajos que los urbanos, limitan el consumo de estos energéticos.

En general, fuentes de energía como la electricidad, el kerosén, las velas, las pilas y el diesel, que se usan para fines no térmicos, no son representativos en la matriz energética de los hogares rurales, representando solo un 11% del consumo final de la energía⁽⁶⁾. Aunque no exigen grandes cantidades de energía, la iluminación (5%) y el acceso a medios de comunicación (2%), principalmente la radio⁽⁷⁾, son demandas de corte estratégico por su impacto en la calidad de vida rural.

Los bioenergéticos suponen un 89% de la energía total de una familia, y son la fuente predominante. Aún en los centros poblados son la principal fuente de energía para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua.

Los costos para cubrir esta demanda del 11% de energía significan, en promedio, un 78% del gasto energético total de una familia. Estos gastos anuales en iluminación y comunicación en promedio por familia significan un costo de 68 \$us/año para el altiplano, 107 \$us/año para los Valles y 114 \$us /año para los Llanos y, en total se estima que alcanzan los 114 MM \$us⁽⁸⁾ en iluminación (con energéticos tradicionales, pilas, velas y mecheros) y 5MM \$us en biomasa.

⁵ BEP/año: Barril Equivalente de Petróleo por año

⁶ Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE, CEPAL, GTZ. 1997

⁷ La radio es el medio de comunicación más extendido en el área rural y juega un papel importante en la organización de las comunidades y sus nexos con el exterior. Una limitante para el tiempo de acceso a la información de la radio, es el alto costo de las pilas.

⁸ MM \$us: Miles de millones de dólares americanos

Los usos productivos de la energía en familias rurales dispersas representan un porcentaje marginal del consumo total; cuando existen, son específicos, concretos y deben abordarse de una manera particular; adicionalmente una gran mayoría de usos productivos tienen una demanda térmica.

3. DEMANDAS RURALES

Los consumos de energía actuales en comunidades aisladas sin acceso a electricidad se pueden observar en el siguiente cuadro (Cuadro 2).

Cuadro 2: Rubros de consumo de energía en comunidades dispersas

Rubros de consumo de energía en comunidades dispersas	Total (%)
Iluminación	4,91
Cocción	89,97
Calentamiento de agua	3,79
Calefacción ambiente	0,04
Refrigeración de alimentos	0,59
Audiovisión	0,10
Electrodomésticos	0,01
Bombeo	0,14
Generación de electricidad	0,12
Usos no energéticos	0,32
TOTAL	99,99

Fuente: Adaptado de Energy for the People. EASE Newsletter.2006

El principal consumo de energía (prácticamente un 90%) está dirigido a la cocción de alimentos. El segundo consumo en energía (un 4,91%) está dirigido a la iluminación y el tercer consumo (3,79%) es el referido al calentamiento de agua para diferentes usos. Es decir, estos tres rubros concentran el consumo energético, mientras que el resto de los consumos de energía suman un 1,33%.

Las demandas de energía en el área rural tienen al menos 3 vertientes: las demandas domésticas, las comunales y las productivas.

Las principales demandas domésticas se encuentran las de iluminación, comunicación (radio, televisión), las de cargado de celular, y en menor grado las de suministro de energía para algunos electrodomésticos. En el campo térmico las demandas son de calor para cocción y calentamiento de agua. Las demandas de tipo comunal consideran aspectos de uso social como: la iluminación de postas y escuelas, la radiocomunicación o telefonía, los sistemas de video/televisión y el bombeo de agua potable. Las demandas productivas son variadas y dependen de la región específica. En mayor grado se necesita energía para el bombeo de agua para riego y abrevaderos de ganado, el accionamiento de molinos, la maquinaria de carpintería, los pequeños talleres metalmecánicos, la refrigeración, etc. Sin embargo, estas demandas son puntuales.

La Demanda Rural

Usos domésticos	Usos productivos	Usos sociales
<ul style="list-style-type: none"> • luz, comunicación, entretenimiento • cocción de alimentos • refrigeración de ambientes y alimentos • calefacción 	<ul style="list-style-type: none"> • agua para ganado • accionamiento de maquinaria • servicios de turismo y hotelería • comunicación • transformación de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • electrificación de postas y escuelas • radios • refrigeradores de vacunas • Bombeo de agua potable • Telecentros

Fuente: Energía Fotovoltaica en Bolivia. Fernandez M. 2009

Como se observa, muchas de las demandas se concentran en el uso de la electricidad. Las demandas de energía térmica para cocción de alimentos, transformación y elaboración de productos diversos, e incluso aplicaciones de uso semi

industrial como la elaboración de chancaca, ladrillos no aparece como una falencia, salvo en zonas alejadas donde se presente un déficit de leña.

Hasta el momento, la principal opción de solución para el problema del suministro energético ha sido la extensión de la red eléctrica, con costos de conexión por familia de aproximadamente 1.300 \$US.

Las razones para esta situación es que las comunidades están cada vez más lejanas, más aisladas y el número de familias que vive en ellas es pequeño (alrededor de 20 familias como promedio). Esto significa que la red eléctrica se acerca al límite técnico y económico como solución, en nuestro contexto de país.

Entonces, revisando las demandas energéticas y las variables de dispersión geográfica, se concluye que las comunidades sin energía son reducidos grupos poblacionales con niveles altos de aislamiento. Se puede ver que las energías renovables tienen un extraordinario nivel de correspondencia como solución a las demandas energética de estas comunidades.

4. SOLUCIONES CON ENERGÍAS RENOVABLES

Para realizar un inventario tecnológico de soluciones basadas en energías renovables, es preciso definir cuáles son las tecnologías disponibles en el país. Así, se define como tecnologías de energías renovables disponibles, aquellas que cumplan con las siguientes condiciones:

- Conocimiento por parte de personal local para su manejo, instalación, operación y mantenimiento
- Disponibilidad local de los equipos, repuestos
- Producción local o al menos capacidad de reparación local y con las capacidades técnicas disponible en el país y sobre todo en ciudades intermedias
- Garantías de los proveedores de la tecnología hacia los usuarios finales, de manera que en caso de fallas sea posible obtener un recambio de los mismos.
- Experiencias de aplicación locales positivas a nivel experimental y difusión aunque sea a escala pequeña.

Básicamente se pueden definir como tecnologías disponibles localmente a aquellas que habrían tenido un cierto recorrido en la curva de aprendizaje⁽⁹⁾ y de introducción de tecnología⁽¹⁰⁾.

Estas restricciones hacen que las tecnologías que se promuevan apuntalen a que los usuarios accedan a "energía sostenible", limitando la difusión de aquellas soluciones de tipo experimental, pues no sería responsable generar expectativas que no se cumplan con los grupos carentes de energía.

De esta manera, entre las principales opciones de energías renovables disponibles en el país, con una provisión local de equipos, servicios, garantías y experiencias positivas en su aplicación se pueden mencionar:

- a) **Los sistemas fotovoltaicos**, que convierten la radiación solar directamente en electricidad de corriente continua de 12 V, la misma que podría ser transformada en electricidad de 220 V si se desea. Estos sistemas pueden abastecer las necesidades de una familia rural, pero también accionar bombas de agua, equipos de radiocomunicación o computadoras. Es decir todo lo que requiera energía eléctrica. Sin embargo por el alto costo que tienen, su utilización esta focalizada en usos que requieren pequeñas cantidades de energía, pero de manera confiable y segura. Al momento se estima en unas 30.000 unidades instaladas en diferentes aplicaciones (viviendas, escuelas, postas, bombas de agua, telecentros, etc.) en todo el país. A excepción del módulo fotovoltaico, toda la tecnología es producida localmente, e inclusive Bolivia es un exportador neto de reguladores de cargas, lámparas eficientes de 12 VDC, convertidores de voltaje y baterías para SFV, teniendo una presencia reconocida en los países limítrofes, Centro América y últimamente en México.
- b) **Las micro centrales hidroeléctricas (MCH)**, que aprovechan caudales de agua existentes y desniveles geográficos y permiten generar electricidad, con mínimos impactos ambientales y máximo embalses de regulación diaria. Aquí la tecnología es disponible y manejable localmente. Al momento existen más de 50 MCH's en operación que sirven aproximadamente a 6.000 familias y que tienen potencias instaladas entre 30 kW y 200 kW. La tecnología de generación micro hidráulica es manejable y reproducible localmente, desde el diseño de las plantas (en sus componentes civil, mecánico y eléctrico), la construcción, instalación, operación y mantenimiento. Existen capacidad de fabricación de turbinas de tipo Pelton, Banki y Francis, para potencias por debajo de 1 MW, asimismo los sistemas de control electrónico y regulación de velocidad son locales. El único elemento importado es el generador eléctrico.

⁹ La curva de aprendizaje representa la mejora que se obtiene en un aspecto determinado en función de la mayor práctica que se logra como resultado de la experiencia. En la medida que se tiene una práctica más amplia y difundida con una tecnología, se puede esperar costos unitario menores, menor cantidad de fallas, incrementar la productividad, etc.

¹⁰ La adopción de una nueva tecnología supone periodos de tiempo que se deben vencerse inicialmente, antes de lograr una popularización de la misma. Mientras más desconocida la tecnología, más se retrasará su penetración en la sociedad.

- c) **Los sistemas termosolares**, que convierten la radiación solar directamente en calor y normalmente se utiliza para el calentamiento de agua. La tecnología es disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Actualmente se instalan aproximadamente 400 unidades/año y se estima en más de 3000 unidades las instaladas y en funcionamiento. Al menos existen unas 10 microempresas en todo Bolivia, que trabajan con estas tecnologías, desde hace más de 20 años y existe un gran potencial de difusión esta tecnología, habiendo incorporado nuevos materiales aislantes y acero inoxidable, estos equipos están dando un salto tecnológico importante. Los sistemas más utilizados son aquellos de convección natural que aprovechan el efecto termosifón.
- d) **Los secadores solares para alimentos**, que aprovechando el mismo efecto invernadero se puede utilizar ampliamente en el deshidratado de diferentes productos que requieran conservación. En este caso también la tecnología es disponible a través de microempresas y su construcción es completamente local. Esta tecnología ha sido el caso de varias empresas campesinas, para quienes ha sido decisivo su empleo para lograr niveles de productividad importante.
- e) **Aerogeneradores de pequeña potencia** (hasta 10 kW), el equipo central de generación de electricidad es importado, pero los elementos como las torres, la instalación, operación y mantenimiento son disponibles a nivel nacional. Las instalaciones actuales tienen una potencia entre 200 W y 400 W y casi llegan al centenar. A pesar de la relativa simplicidad, el problema para una expansión es la falta de información sobre el potencial eólico en Bolivia así como la excesiva localización del recurso.
- f) **Cocinas eficientes de leña**, con modelos que van desde la autoconstrucción, hasta la disponibilidad de cocinas metálicas con quemadores cerámicos, el manejo de la tecnología y el conocimiento es completamente local. Existen ya varios miles de unidades que se han implementado.
- g) **Biodigestores**, con una nueva tecnología basada en el uso de plásticos, esta tecnología ha bajado sustancialmente de costos y ha iniciado un proceso de difusión que permite prever un uso amplio, a medio camino entre la producción de energía y la producción de biofertilizantes además de ser una alternativa real para el tratamiento de desechos orgánicos, los biodigestores tienen un amplio campo de aplicación en el área rural, sobre todo en familias que tienen pequeños hatos de ganado. Solo en el pasado año se han instalado casi medio millar de unidades domésticas.

Otras opciones con potencial pero aún no desarrolladas completamente son:

- a) Tecnologías de aprovechamiento de la biomasa para generar electricidad ya sea a través de gasificadores o pelets, en Bolivia aún están en etapa de experimentación y adaptación local, sin embargo en un futuro cercano ya serán disponibles.
- b) Los bioaceites que orientados a la escala local, y para la atención de demandas energéticas, aisladas, dispersas, bajo la forma de producción de aceite vegetal (y no producción de biodiesel o etanol) que sirva como combustible. De antemano se descarta alternativas como el biodiesel a gran escala, pues no generan un cambio sustancial en la matriz energética, sino más bien la vuelven más inestable, porque la ecuación de producción – uso de la energía, es completamente desfavorable al medio ambiente, y a la producción de alimentos.

A través de las Prefecturas, los gobiernos Municipales, los Ministerios, Agencias de Desarrollo y Cooperación, se ha logrado paulatinamente incrementar el número de personas que tienen acceso a la electricidad en el área rural, estableciéndose ya algunas formas para desarrollarla:

- Así, en la extensión de redes (media y baja tensión), prácticamente el 100% de la inversión es realizada por el Estado (a excepción de la conexión interna).
- En los sistemas fotovoltaicos, hasta el momento el esquema más exitoso hace que el usuario se convierte en propietario del sistema. El acceso se facilita utilizando un mecanismo que combina subsidio y micro crédito, donde el subsidio se encuentra entre un 40% y 60% del costo total del sistema ⁽¹⁾, para aplicaciones entre 20 Wp y 75 Wp.
- Proyectos de Micro Centrales Hidroeléctricas, normalmente tienen un subsidio del 70% al 80% del costo total ⁽²⁾. El aporte de los usuarios se traduce en días de trabajo para excavar canales, movimiento de tierras, mano de obra para construcciones simples, etc.
- En el caso de los sistemas de bombeo fotovoltaico, los proyectos normalmente aportan hasta un 70% del costo total del sistema, siempre que sean aplicaciones comunales.
- Otras tecnologías, como por ejemplo cocinas de leña eficientes, secadores solares, reciben actualmente un subsidio entre 35% y 50% de los costos del hardware.
- Los biodigestores de plástico. El costo de estos equipos viene determinado por la capacidad de almacenamiento. Un equipo básico construido para una capacidad de 15 m³ puede tener un costo de aproximadamente \$us 350⁽³⁾.

¹ Incluye equipos, transporte, instalación, capacitación y, servicios postventa por 2 a 4 años.

² Potencias entre 30 kW y 100 kW, incluye redes, líneas, sub estaciones, obras civiles y mecánicas.

- Los sistemas termosolares están recibiendo entre un 30% y 60% de subsidio para el caso de aplicaciones productivas y sociales (agua caliente para albergues de turismo, escuelas, postas sanitarias, etc.).
- Los sistemas eólicos de uso familiar, con potencias de hasta de 400 W, pueden tener un costo de aproximadamente \$us 950 por unidad. Algunas decenas de estos sistemas ya han sido instalados en el país y se está monitoreando su desempeño (¹⁴).
- En el caso de las instalaciones sociales, normalmente los aportes locales (del Municipio) pueden estar en el orden de un 20% a 30%, eso significa que el resto de los recursos son provistos por otras fuentes que no son los usuarios (es el caso de la electrificación de escuelas, postas sanitarias, o la instalación de telecentros).

5. DESAFÍO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL AREA RURAL

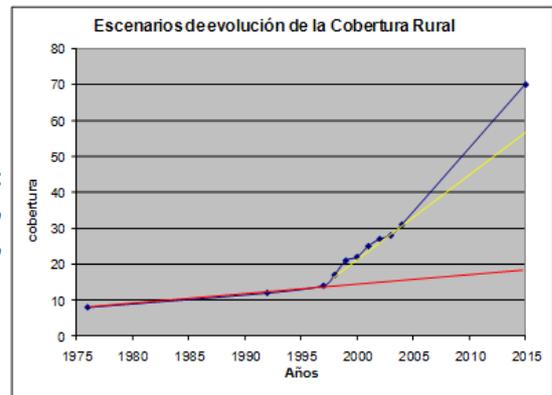
Considerando que al año 2007, se estimó que casi 3 millones de habitantes rurales de Bolivia (unos 500.000 hogares) no tenían acceso a la energía eléctrica, y muchos de ellos a ningún tipo de energía comercial, cerca de 200.000 hogares radican en localidades donde presumiblemente existe redes eléctricas y por tanto su conexión corresponde a un proceso de densificación del servicio ya establecido. El saldo sería atendido por fuentes descentralizadas de suministro de energía.

De esta manera, se estima que unos 200.000 hogares rurales puedan ser atendidos mediante la utilización de energías renovables descentralizadas (fundamentalmente sistemas fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores) y que unos 100.000 hogares puedan ser atendidos con sistemas aislados de mini-redes con diversas fuentes (diesel, hidráulica, biomasa, sistemas híbridos, etc.).

Desafíos para la Electrificación Rural

- 1976: 0,3%/año
- 1997: 2,4%/año
- 2005: 4 %/año

Coberturas a 2015:
Con tasa 76: 19,7%
Con tasa 97: 57,8%
Con tasa 05: 70%



Es decir, de los 3 millones de habitantes rurales, la red quizás llegue a cubrir un 30% para el abastecimiento de electricidad. Así un 70% de la población tendría como alternativa que las energías renovables les provean de electricidad o recurrir a generadores a gasolina o diesel. Adicionalmente en las demandas térmicas para cocción de alimentos 600 mil hogares que usan fogones de leña podrían optar por cocinas eficientes de leña.

La dimensión del desafío para las energías renovables en el área rural es el de abastecer con energía a casi 2 millones de personas en los próximos años. Así, la necesidad de impulsar los usos productivos de la energía, fortalecer los servicios sociales y comunales solo será posible si existe un suministro confiable, seguro y económico de la energía. Solo así la energía se convertirá en un factor que genere desarrollo.

Disgregando este relevamiento por tecnología (¹⁵), un escenario de introducción y los posibles impactos podría ser el siguiente:

¹³ Datos proporcionados por Tecatelma, empresa productora de biodiestores.2009.

¹⁴ Datos proporcionados por la empresa SIE S.A. www.sie-sa.com

¹⁵ Se consideran varios estudios y datos disponibles en talleres nacionales e internacionales en www.elecsolrural.org, www.crecerconenergia.net, www.idtr.gov.bo, así como información del estudio Agua Limpia con Energía Limpia IEE; presentaciones taller Mejora del Acceso a la Energía en Comunidades Rurales, Plan Electricidad para Vivir con Dignidad, Plan de ENDE 2009, etc.

Cuadro 3: Escenario de Introducción de Energías Renovables. Area Rural

Tecnología	Impacto: Desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 150.000 sistemas fotovoltaicos domésticos	2,4 millones de litros de diesel/año (mecheros) 12 millones/año de velas 300.000 /GLP año (lámparas a GLP) 4,8 millones de pilas/ año (uso en radio / linterna)	Instalaciones fundamentalmente domésticas y sociales de pequeña potencia
Al menos 1.100 sistemas de bombeo Fotovoltaicos comunales	6,6 millones litros de diesel/año	Instalaciones en comunidades semi-nucleadas para el abastecimiento de agua potable y abrevaderos de ganado
500.000 cocinas eficientes de leña	1 millón de Toneladas de madera/año	Sustitución de fogones tradicionales de leña
50.000 biodigestores	215.000 Toneladas de CO2/año	Instalación en las zonas con potencial ganadero
300 micro centrales hidroelectricas	millones de litros diesel/año	En regiones de la cordillera con alto potencial hidroeléctrico. Posible interconexión a la red
2.500 aerogeneradores	60.000 litros diesel/año 300.000 velas/año	Sistemas aislados para abastecimiento doméstico y social prioritariamente.
4.000 sistemas termosolares (sociales)	4.241 Toneladas de CO2/año	Sistemas de uso social en escuelas y postas en comunidades aisladas para provisión de agua caliente para uso sanitario
1.000 sistemas híbridos en el norte del país	15 millones de litros diesel/año	Sistemas de microredes que funcionan con diesel y serían sustituidos por aceite vegetal en combinación con solar/hidro

Fuente: Energías Renovables y Cambio Climático. Fernandez M. 2009

6. EL POTENCIAL URBANO PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En el área urbana, de momento las alternativas que se perciben con mayor potencial son los sistemas termosolares. Actualmente el calentamiento de agua se realiza con electricidad de manera mayoritaria y con GLP o Gas Natural. Este último energético, a pesar de ser una opción económica por el sistema de precios del GN en Bolivia, lamentablemente no es aún una opción real, pues la penetración en las ciudades no alcanza al 7%. En ese sentido, la electricidad y consiguientemente, las duchas eléctricas son la opción más extendida.

Un análisis de introducción potencial de sistemas termosolares, estima en 200.000 unidades familiares. Actualmente se instalan cerca a 400 unidades/año y se estima en poco más de 3000 unidades en funcionamiento en el país.

Una ventaja de estos sistemas es que su repago podría realizarse en 3 a 4 años en función del uso. Adicionalmente se puede prever opciones de uso de tipo industrial para el pre-calentamiento de agua y también su aplicación en mayor escala en hoteles.

Una segunda opción tecnológica son los sistemas fotovoltaico, para generar electricidad inyectándola a la red. Hasta el momento, ENERGETICA en Cochabamba tiene la única instalación en Bolivia que sirve de piloto y esta testeando la tecnología. Si bien le venta de energía no se vislumbra como un negocio por los bajos costos de la misma, la generación para consumo propio sí podría ser interesante, lo cual se muestra en varias publicaciones. Actualmente la rentabilidad de una instalación de ese tipo sería del 7,5% anual, quizás es un valor bajo, pero si se lo compara con las tasas pasivas del sistema bancario (0,9% en depósitos a plazo fijo y cajas de ahorro) representa una alternativa de inversión atractiva.

Esta opción adicionalmente se enmarca en el concepto de generación distribuida, como una nueva opción en la cual se pretende generar la energía en el lugar de consumo. Naturalmente que se debe construir una serie de mecanismos operativos, normativos, técnicos para avanzar en estos temas.

Cuadro 4: Escenario de Introducción de Energías Renovables. Area Urbana

Tecnología	Impacto: Desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 200.000 sistemas termosolares para calentamiento de agua	Desplaza 219.000 MWh/mes de electricidad	Instalaciones fundamentalmente domésticas y en menor cantidad aplicaciones en hoteles y escuelas.
Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red, 30 MW	Desplazaría unos 54.000 MWh/año del SIN	Instalaciones en techos urbanos de ciudades y colas de red. El potencial se calcula con la intención de desplazar el consumo de diesel actual en el SIN

7. BARRERAS PARA EXPANSIÓN DE LAS ER'S

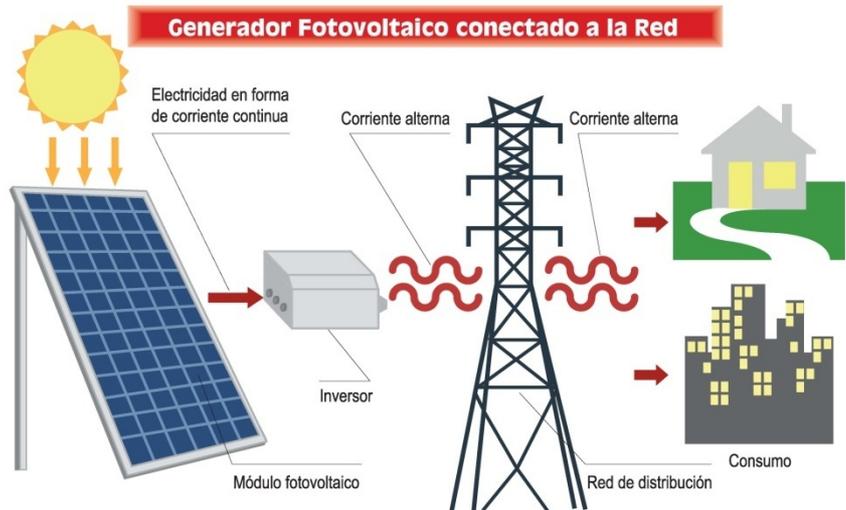
Algunas de las barreras identificadas para la expansión de las ER's son las siguientes:

El fortalecimiento tecnológico

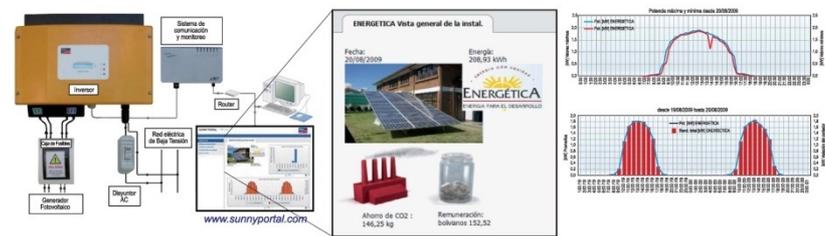
Existen algunas demandas de mejoramiento tecnológico, por ejemplo en cuanto se refiere a la utilización de la biomasa en aplicaciones de potencia para generación de calor o electricidad, existe un vacío de conocimiento y experiencias en temas de gasificación, coinciden favorablemente las áreas de mayor potencial forestal, con aquellas regiones donde la generación eléctrica tiene base en el diesel, pasa lo mismo en el conocimiento y producción de aceites vegetales a pequeña escala para usos comunales. Así se podría encarar a mediano plazo, un plan de sustitución de diesel por biomasa en un contexto de sostenibilidad y optimización de los recursos que tenemos, por tanto el trabajar en ésta línea se puede considerar estratégica en el corto plazo.

En el caso de la tecnología fotovoltaica la misma está ampliamente difundida y asentada en el país, con una producción local y de exportación en componentes electrónicos y baterías. Sin embargo, aún es necesario el avanzar en lo que significan aplicaciones más específicas y de índole productivo, como accionamiento de pequeña maquinaria, telecomunicaciones, bombeo de agua, etc. de manera de diversificar los usos potenciales de esta tecnología.

En el área de las micro centrales hidroeléctricas, se debería trabajar con prioridad en la prospección de lugares potenciales para su instalación, pues los componentes, la ingeniería y el know how es ampliamente conocido en el país. Un área aún sin explorar es la de las pico centrales, pues aparte de algunas instalaciones piloto, aún no se conoce las barreras que existen para poder iniciar una difusión a gran escala de esta tecnología de uso individual y, que podría ser una alternativa a los sistemas fotovoltaicos, en los casos de uso familiar.



MONITOREO DE LA CENTRAL



GENERADOR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED



La energía eólica sigue siendo la menos explotada hasta el momento, tanto por falta de conocimiento del potencial real en el país, como también por falta de una oferta activa en éste sentido. Sin embargo, en esencia el rezago que tiene esta tecnología es producto de la ausencia de impulso a las aplicaciones pequeñas que podrían darse en determinadas situaciones, la condicionante de que solamente tener mediciones exactas posibilita su aplicación y, a nivel general el impulso que reciben solamente los grandes parques eólicos de varios mega watts de potencia.

La sostenibilidad de los servicios

Ahora bien, el desafío de introducir estas tecnologías se añade el de hacer sostenible su utilización en el tiempo. Pues de contar con una participación decidida del Estado en la electrificación rural, las micro empresas o actores privados que proveen sistemas de energía renovables los usuarios (fotovoltaicos, cocinas de leña, microcentrales, aerogeneradores etc.), seguramente, superada la barrera de los altos costos de inversión (a través de subsidios parciales -destinados a bajar los costos de inversión-), la siguiente fase es la de asegurar el funcionamiento futuro de estos sistemas.

Aunque la responsabilidad por el funcionamiento de estos sistemas sean transferidos a los usuarios finales y o que la responsabilidad por la operación, mantenimiento y reposición de las partes del mismo sea de una operadora (empresa comunal de energía, cooperativa o las empresas distribuidoras) se necesita asegurar flujos de recursos para este propósito, sea a través de aportes de los usuarios o tarifas.

Así se identifica como una oportunidad el apoyar al desarrollo de micro empresas cuyo eje de acción sea la prestación de servicios energéticos. Estas micro empresas podrán sustentar los servicios de mantenimiento y reposiciones pequeñas que se tienen por ejemplo de postas y escuelas, pero también ofertar accesorios, repuestos, partes y complementos que no se tienen actualmente en la zona.

En el caso de los sistemas fotovoltaicos, esto significa iniciar un trabajo sobre la base de técnicos locales a quienes ir capacitando paulatinamente en la prestación de servicios, ampliación de su oferta, apoyar con capital de operaciones, etc. Se puede pensar de aplicar la misma situación para la distribución de cocinas de leña.

Para el caso de sistemas centralizados, como las micro centrales, o mini redes de sistemas híbridos, la sostenibilidad pasa por el tener operadores y entes gestores capacitados en la prestación del servicio, el cálculo de tarifas, aspectos administrativos y técnicos que garanticen un manejo integral adecuado de estos sistemas.

Si se desarrollan modelos para el acceso (en lo tecnológico y financiero, coordinando con los proyectos que apoyaran estos rubros), se estará orientando futuras acciones, buscando sostenibilidad y generación de ingresos.

La normativa técnica

En el campo de la normativa técnica, hasta ahora solamente existen normas para la instalación de sistemas fotovoltaicos (NB 1056) una de las más utilizadas y que ha servido de modelo en varios países. Adicionalmente existen normas para lámparas, controladores electrónicos y baterías solares.

En el campo termosolar se está preparando varias normas prácticas, pues las existentes son aún teóricas y de poca aplicación.

En el resto de las energías renovables no existen normas y se utilizan las que pueden extrapolarse de otros sectores, como por ejemplo la NB777 de instalaciones eléctricas de baja tensión, que se aplica a toda la generación de electricidad, en lo que sea pertinente.

8. REFLEXIONES FINALES

Para lograr vencer los desafíos planteados es necesario sin embargo algunas condiciones tales como las que se exponen a continuación.

Actualmente, para incrementar el acceso, dependemos de los proyectos, y en muchos casos bajo un enfoque de suministro clásico, en ese contexto faltan mecanismos financieros innovadores, que aseguren un flujo de recursos continuo. No se puede estar a la expensa de recursos que haya que negociar continuamente.

Así, por ejemplo, plantear que parte de la renta del Gas Natural se invierta en Energías Renovables, o que se cree un fondo para energías sostenible, podría ser una opción. Es decir, hacer que de alguna manera los recursos que llegan hoy por la exportación del GN, se conviertan en energía sostenibles para el mañana.

Asimismo, se debe considerar el ampliar el espectro de actores del sector con el concurso de organizaciones de la sociedad civil por el tamaño de los desafíos. Pensar en el Estado como el gran dinamizador de las iniciativas energéticas que provengan de los diferentes sectores y el integrador de los diferentes actores. Y no como el único actor es una variable fundamental a considerar.

En este sentido, la necesidad de trabajar más intensivamente con las energías renovables de aplicación descentralizada, mejores esquemas de gestión, mecanismos financieros imaginativos que consideren la realidad de los usuarios es algo que se debe desarrollar. Así también se debe incorporar áreas de trabajo en normas técnicas directamente relacionadas con el desarrollo de las energías renovables.

Se puede mencionar qué, bajo un concepto de equidad se identifica al menos un desbalance: los pobladores rurales que tienen un mayor grado de pobreza y menos condiciones de desarrollo tienen acceso a una energía, que es más cara que en la disponible en las ciudades.

De la misma manera, todo este proceso necesita un mecanismo de planificación energética amplio, plural, participativo que permita construir conjuntamente el concepto de Energía Sostenible, para lograr una solución integral con sostenibilidad social.

El impacto final

El uso de la energía renovable en aplicaciones domésticas, sociales y productivas, podría tener un impacto importante en varios niveles:

- a) Satisfacción de demandas energéticas postergadas de aproximadamente 200.000 familias en el área rural y que, de realizarse con energéticos convencionales, tendrían como fuente el diesel o el GLP, las pilas, velas y mecheros. Esto implica desplazar un mercado de casi 120 millones de dólares que se gasta anualmente en compra de pilas, velas, mecheros, y leña
- b) Utilización de la energía renovable en usos productivos generando valor en las comunidades
- c) Desplazamiento de energéticos contaminantes como el diesel, velas y quema de madera de forma ineficiente, que en general es un ahorro de emisiones de CO₂
- d) En el área urbana la posibilidad de introducción de sistemas termosolares es importante en el marco de políticas de promoción del medio ambiente y la eficiencia energética.
- e) Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, pueden generar un nuevo escenario de discusión sobre temas de generación distribuida en el país, coadyuvando a equilibrar la matriz energética urbana.
- f) Adicionalmente, una variable más es la generación de empleo para el mantenimiento y operación de estos sistemas. Se estima la generación de al menos 5500 puestos de trabajo permanentes, sin contar la cadena de servicios conexos, para la instalación, reparación, mantenimiento, provisión de partes y ampliación de sistemas, la cual fácilmente puede duplicar esta estimación inicial.

REFERENCIAS

- BID. Fitchner. 2007. Plan Maestro de Electrificación Rural para Bolivia.
- Birhuett, Enrique. 2002. Bases para una actualización de la base de datos de electrificación rural y lineamientos para una estrategia de electrificación rural.. PHRD (Japón-Banco Mundial). La Paz
- ENERGETICA. 2009. Informe final del Proyecto Inti K'anchay Ayopaya.
- Fernández, Miguel 2009. Energías Renovables y Cambio Climático . 4to. Curso para investigadores en cambio climático. PNCC. Santa Cruz.
- Fernández, Miguel. Energía Fotovoltaica en Bolivia. 2009. Expo Energia. 3er. Foro internacional de energía. Santa Cruz. Noviembre 2009
- Fernandez, Miguel. 2006. Energy and Poverty in Bolivia. A rural problem?.ACCESS-EASE International Newsletter. Volume 3. Febrero 2006
- Fernandez, Miguel. 2004. Energía para la Gente. Un Concepto de Solución Integral a las Demandas Energéticas de las Familias Rurales Dispersas en Bolivia. EASE. International Newsletter.
- Fernández, Miguel. Birhuett, Enrique. 2002. Resultados de la Reestructuración de la Industria ENERGETICA en Bolivia. OLADE-CEPAL-GTZ.
- Fernandez, Miguel. Eyzaguirre, Monica. 2004. Uso de la biomasa por familias rurales en Bolivia: Diagnóstico y lineamientos para una propuesta. ENERGETICA
- Fernández, Miguel. Ríos, Carlos. 1997. Energía y Desarrollo Sustentable en ALAC. Estudio de Caso de Bolivia. OLADE - CEPAL - GTZ.
- ISF – ENERGETICA. 2007. Informe final. Proyecto Desarrollo del Ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas con Energías Renovables.

- Petropress. 2007. Un país, dos realidades. Energía y Pobreza, una relación olvidada. Número especial. CEDIB. Cochabamba-Bolivia.
- Rogers, Everett. 1962. Diffusion of innovations. New York: Free Press
- Superintendencia de Electricidad. 2009. Anuario Estadístico del Sector Eléctrico 2008
- VMEEA. 2008. Plan Electricidad para Vivir con Dignidad
- WWF -ENERGETICA. 2010. Diagnóstico del Sector Energético Boliviano y Lineamientos de Políticas

Cochabamba, Julio 2010