

## **PANORAMA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERU Y EL MUNDO**

**Manfred Horn**

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima  
mhorn@uni.edu.pe

### **RESUMEN**

El interés en energías renovables ha crecido fuertemente en los últimos años a nivel mundial, especialmente en los países industrializados, por razones ecológicas. Por otro lado, en el Perú las energías renovables tienen todavía poco desarrollo, a pesar de que ellas pueden ser un vehículo para llevar desarrollo y mejores condiciones de vida a regiones rurales, donde vive un cuarto de la población del Perú todavía sin electricidad.

### **Las energías renovables y el cambio climático en el mundo**

El interés en el uso técnico de las energías renovables, especialmente de la energía solar y eólica, comenzó en los años setenta del siglo pasado, como consecuencia de la llamada crisis de petróleo. Sin embargo, en la medida que en los siguientes años se encontraron nuevas reservas de petróleo y gas natural, superiores al consumo anual de estos combustibles y, por lo tanto, el horizonte de su agotamiento se alejó algo, este interés disminuyó nuevamente. Hoy las reservas comprobadas de petróleo alcanzarían, al ritmo actual de consumo, más de 40 años, las de gas natural, más de 60 años y las de carbón más de 160 años.

Sin embargo esto ha cambiado nuevamente. En los últimos años está creciendo en el mundo la conciencia sobre los peligros de un cambio climático causado por el hombre, especialmente por el uso masivo de combustibles fósiles, que aumenta el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera, lo que a su vez produce un calentamiento global de la tierra por el efecto invernadero.

Este interés en las energías renovables se evidencia en congresos, discursos, artículos periodísticos y documentales. Existe ahora un buen número de estudios sobre el tema, analizando la situación actual y planteando diferentes soluciones. Como ejemplos se puede mencionar:

- el "Survey of energy resources", del World Energy Council, publicado en [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org),

- los “White paper” “Transición hacia un futuro basado en las Fuentes Renovables de Energía” y “Un futuro para el mundo en desarrollo basado en las fuentes renovables de energía”, elaborados por ISES, la Sociedad Internacional de Energía Solar, y publicado en <http://whitepaper.ises.org>.
- las ponencias presentadas en el congreso “Sustainable Energy and Climate Change Initiative”, organizado por el BID en 2006 en Washington y publicadas en [www.iadb.org/secci](http://www.iadb.org/secci)

Mención merece también en este contexto que el premio Nóbel de la paz para 2007 fue otorgado al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)) y a Al Gore ([www.algore.com](http://www.algore.com); película de Al Gore “La verdad incómoda”) “por sus esfuerzos de generar y diseminar más conocimientos sobre los cambios climáticos y crear las bases para adoptar las medidas requeridas para contrarrestar estos cambios”.

Como consecuencia, y por la búsqueda de liberarse de la dependencia del petróleo y su creciente precio, en los últimos años ha aumentado en forma notable el interés en el uso técnico de las energías renovables. En general, hay consenso en que, a largo plazo, el uso técnico de la energía solar será la solución más viable (ver por ejemplo el “Pronóstico del Consejo Científico del Gobierno de Alemania para las fuentes primarias de energía”, en [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)), pero hay bastante discusión sobre las alternativas más convenientes a corto y mediano plazo. Algunos países han implementado políticas concretas de fomento y subsidio de las energías renovables, teniendo como resultado un vertiginoso crecimiento del uso de la energía solar y eólica, pero en otros países se ha quedado todavía en el discurso, faltando todavía una política coherente de promoción de las energías renovables.

La capacidad instalada, a nivel mundial, a fines de 2006, fue:

Solar térmico	105 GW
Solar fotovoltaico	6 GW
Eólico	74 GW

Como referencia: la capacidad instalada de generación eléctrica del Perú es 6,6 GW (3,4 GW térmico y 3, 2 GW hidráulico), con una energía eléctrica producido en 2006 de 27 370 GWh (72% hidráulico, 28% térmico).

Como datos adicionales tenemos:

- La capacidad instalada de estas energías crece en los últimos años a un ritmo de 20 – 30% por año.
- China es el país con mayor producción de colectores solares térmicos y también el país con mayor número de termas solares instaladas (30% de la capacidad mundial).
- La capacidad de generación eléctrica con aerogeneradores es 1% de la capacidad mundial de generación eléctrica. En Dinamarca es 20%.
- El costo de generación de electricidad con aerogeneradores es del orden de 0,06 \$/ kWh (en condiciones de viento favorable), competitivo con otras fuentes de energía.

- El costo de un panel fotovoltaico es de unos 3 \$/Wp, y de un sistema fotovoltaico (conectado a la red, incluyendo inversor, etc.) es de 5-7 \$/Wp. Esto resulta en costos de 0,30 \$/kWh para sistemas conectados a la red eléctrica, muy superior al costo de electricidad producida con fuentes convencionales o nuclear.
- Japón es el país de mayor producción de paneles fotovoltaicos (más de 50% de la producción mundial). Por otro lado, los países con mayor capacidad instalado en aerogeneradores y paneles fotovoltaicos son Alemania y España (en estos países hay un fuerte subsidio para estas tecnologías).

El potencial y el uso de las energías renovables en América Latina fue estudiado por diversas instituciones. En particular hay que mencionar los trabajos realizados por OLADE y CEPAL. De estos trabajos se puede concluir que América Latina, globalmente, dispone de bastantes energías renovables, sobre todo hidroenergía y energía de biomasa (etanol, biodiesel, aceite vegetal), sin embargo estas energías son todavía poco utilizadas o desarrolladas (solo 10 % de la hidroenergía).

Para la Comunidad Andina, CEPAL ha realizado un estudio amplio país por país y energía por energía<sup>1</sup>. Algunas conclusiones de este estudio son:

- Alrededor del 28% de la oferta total de energía en la Comunidad Andina es renovable y sostenible.
- La región andina presenta una amplia base de recursos energéticos y un cuadro limitado de demandas atendidas.
- Hay 267000 MW de capacidad hidroeléctrica disponibles. La capacidad instalada es 45000MW.
- La oferta de equipos para conversión y utilización de fuentes renovables de energía es limitada.
- Los impactos económicos de la producción de energía eléctrica y combustibles a partir de fuentes renovables pueden ser importantes, particularmente para Perú y Bolivia.
- Reforzar la institucionalidad asociada a este tipo de energías, consolidar sistemas de información, capacitar recursos humanos y mejorar las condiciones de financiamiento son líneas de acción para fomentar adecuadamente las energías renovables.

## **Desarrollo de regiones rurales, energía y democracia**

De este y otros estudios se concluye que en los países andinos existe un amplio margen para fomentar el uso de energías renovables, con el efecto deseado de mitigar los cambios climáticos generados por el uso de energías fósiles. Sin embargo, a corto y mediano plazo, la promoción del uso de las energías renovables es urgente e importante en estos países sobre todo para lograr un desarrollo de sus regiones rurales. Sin energía, en especial sin

---

<sup>1</sup> Luiz Horta Nogueira: "Perspectivas de sostenibilidad energética en los países de la Comunidad Andina", Nr 83 de Serie: Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, abril 2005

energía eléctrica, no puede haber desarrollo, ni democracia. Existen hoy en día todavía amplios sectores de la población rural que no disponen de electricidad. Esta exclusión, por cierto no solamente limitada a la energía, lleva a severas inestabilidades y conflictos sociales, porque la energía es un elemento clave en el bienestar de toda persona. Por lo tanto, la energización y electrificación de regiones rurales debe ser hoy un eje central de cualquier política democrática que busca efectivamente promover igualdad de oportunidades para todos.

En los países andinos, especialmente en Bolivia y Perú, hay millones de personas que todavía no disponen de electricidad en su casa. No hay datos confiables sobre la electrificación de estos países, pero contrastando diversas informaciones se puede estimar que todavía 35% de Bolivianos, 25% de Peruanos, 10 % de Ecuatorianos y 5 % de Colombianos, que viven mayormente en regiones rurales apartadas de las redes eléctricas, no disponen de electricidad (ver siguiente Tabla 1).

En todos estos países hay programas de electrificación rural, básicamente vía extensión de redes eléctricas existentes. Sin embargo ello tiene severas limitaciones económicas. La conexión de un nuevo usuario a la red eléctrica es cada vez más costoso en la medida que se busca electrificar regiones más apartadas. Costos típicos son hoy en día US\$ 1000 – 1500 para conectar un nuevo usuario rural a la red eléctrica. Por otro lado, estos usuarios rurales tienen luego un consumo muy reducido de electricidad.

Tabla 1: Estimación de la población sin electricidad de red y con sistemas fotovoltaicos

	Población (10 <sup>6</sup> )	Consumo eléctrico kWh/hab año	Población con electricidad (%)	Población sin electricidad (10 <sup>6</sup> )	SFV # (*)	SFV MW <sub>p</sub> (*)
Bolivia	9	412	65	3,2	17 000	1
Colombia	42	819	95	2,3	78 000	6
Ecuador	13	627	90	1,3		
Peru	28	744	75	7,0	10 000	1,5

Fuente: OLADE y recopilación propia (\*)

SFV: Sistemas Fotovoltaicos; estimación del número de sistemas (#) y de la potencia total (MW<sub>p</sub>) instalados.

Ilustrativo es en este contexto un estudio realizado recientemente por ELFEC, la empresa eléctrica de Cochabamba, Bolivia<sup>2</sup>: esta empresa electrificó vía extensión de su red eléctrica entre 1997 y 2002 unas 10000 viviendas rurales en comunidades cerca de su red existente, a un costo de US\$ 1000 – 1200 por usuario. El consumo de electricidad de estas familias campesinas fue, en promedio, inicialmente alrededor de 20 kWh/mes y actualmente es, después de varios años, alrededor de 30 kWh/mes. El estudio concluye que “este consumo no cubre los costos de suministro de electricidad, aún considerando el total de la inversión hundida”.

<sup>2</sup> “Electrificación rural en Cochabamba – experiencia de ELFEC S.A.”, presentado en seminario “Energía para el área rural”, 12 – 13.10.06, Cochabamba, en [www.energetica.info](http://www.energetica.info)

## **Energía solar para el desarrollo de regiones rurales**

Frente a esta situación se presenta como una alternativa la generación local de energía, en particular de electricidad. La respuesta tradicional fueron grupos electrógenos. Al margen de los altos costos de la electricidad así generada (con los costos actuales del petróleo: 0.50 – 3.00 US\$/kWh), la realidad ha demostrado que esto no es sostenible, debido a la dificultad de poder dar mantenimiento a los equipos. Como alternativa, quedan entonces las energías renovables. Si existen condiciones locales favorables, lo más económico es una pequeña central hidroeléctrica o, eventualmente, un generador eólico o un generador que use biomasa como fuente energética. Sin embargo, en la mayoría de los lugares no se dan estas condiciones, quedando solamente la energía solar que siempre es disponible: La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi toda la región andina, variando relativamente poco de un lugar a otro, con una intensidad de 4 – 6 kWh/m<sup>2</sup> día (promedios mensuales) y bastante uniforme durante todo el año. Esta energía puede ser convertida muy fácilmente, con tecnología local, inclusive artesanal, en calor útil para invernaderos, secado de productos agrícolas u otros usos, pero requiere equipos de alta tecnología para ser transformada en electricidad.

Desde hace 20 años se comenzó en la región andina, como en otras partes del mundo, a usar paneles fotovoltaicos en forma creciente para producir electricidad en lugares alejados de la red eléctrica. Mayormente se han instalado en casas pequeños Sistemas Fotovoltaicos (SFV), llamados “Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios” (SFD), con una potencia típica de 50 Wp, lo que permite producir electricidad de unos 5 – 7 kWh/mes. Los SFD tienen hoy un costo de US\$ 500 – 1000 (incluyendo instalación, batería, impuestos, etc.) No existen datos confiables sobre la cantidad de SFV instalados y operativos en los países andinos, pero contrastando diferentes fuentes de información se puede estimarla, llegando a situaciones muy diferentes en cada país (ver tabla 1): se estima que en Bolivia hay unos 17000 SFV, principalmente en forma de SFD, con una potencia total de 1 MWp, y mayormente como resultado de programas de cooperación internacional. En Colombia se estima que se han instalado unos 78000 SFV, con una potencia total del orden de 6 MWp, mayormente adquiridos directamente por los usuarios. Del Ecuador se conoce algunos proyectos de electrificación rural con SFV, pero no hay datos totales. En el Perú existen unos 10000 SFV, con una potencia total de 1,5 MWp, correspondiendo 70% a telecomunicaciones y los restantes 30% a unos 3000 SFD, instalados mayormente por proyectos del Gobierno y, en algunos casos, de la cooperación internacional.

Estudiando estos diferentes proyectos, tomando en cuenta el aspecto positivo, se puede concluir:

- La tecnología fotovoltaica es una tecnología muy apropiada para la electrificación rural de regiones alejadas de la red eléctrica; es confiable y aceptada por los usuarios; la electricidad FV es cara (0,7 - 1,5 US\$/kWh), pero cualquier alternativa es más cara y menos sostenible.

En muchos lugares la electrificación FV es la única con perspectivas de sostenibilidad.

- Un SFD, con una potencia de 50 – 100 Wp, satisface las necesidades de electricidad de una familia en el campo si se incluye equipos de alta eficiencia (en particular, lámparas fluorescentes), y cuesta, en promedio, menos que una conexión a la red eléctrica.

A pesar de los argumentos indicados anteriormente, se han ejecutado pocos proyectos de electrificación rural con SFV y, de los proyectos realizados, muchos no han cumplido con las expectativas de sostenibilidad y han fracasado. Razones para estos fracasos son:

- Para que la energía, en particular la electricidad, contribuya a un desarrollo verdadero y sostenido debe ser usada también para aplicaciones productivas. Tenemos todavía relativamente pocos ejemplos de aplicaciones productivas del uso de energías renovables<sup>3</sup>. Un ejemplo es la promoción del ecoturismo con el uso de energías renovables<sup>4</sup>.
- Para que un proyecto de electrificación rural FV sea exitoso se requiere establecer mecanismos que garanticen que los equipos usados sean de buena calidad y a la altura del desarrollo tecnológico (certificación de los equipos y de los instaladores). Asimismo se requiere establecer mecanismos que aseguren buenos servicios de postventa y capacitación del usuario. Esto no puede quedar en manos de la empresa instaladora, sino requiere de la supervisión y del acompañamiento a cargo de una institución que tenga los conocimientos para poder defender los intereses del usuario quien normalmente no tiene la capacidad de hacerlo por si solo.
- La gestión y administración de los proyectos deben ser diseñadas muy cuidadosamente, considerando en particular la idiosincrasia local. Un punto importante es quién será el propietario final del SFV: el usuario, o la comunidad, o alguna institución o empresa (“cesión en uso”). En este sentido me parece interesante el proyecto IDTR en Bolivia (17000 SFV, con financiación del Banco Mundial, [www.idtr.gov.bo](http://www.idtr.gov.bo)).

Como conclusión general se puede señalar:

- La electrificación rural, y en general la energización rural, es absolutamente necesaria para mantener la paz social y a pesar del alto costo de la electrificación rural con SFV y de los proyectos fallidos, la electricidad fotovoltaica presenta hoy en muchos casos la mejor opción, y, eventualmente la única sostenible.
- Para no repetir los errores hechos en proyectos anteriores se debe evaluar con suma cuidado estos proyectos. Se requiere en todos los países andinos más gente capacitada tanto a nivel técnico como a nivel

---

<sup>3</sup> RIASEF, la Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica, del Programa CYTED, está trabajando en este campo; ver <http://fc.uni.edu.pe/riasef>

<sup>4</sup> Ejemplos del uso de energía renovables en ecoturismo: Comunidad Atulcha en Uyuni, Bolivia (en Noticias de Energetica, [www.energetica.info](http://www.energetica.info)), o islas Taquile y Suasi en lago Titicaca (artículos en <http://fc.uni.edu.pe/mhorn>)

profesional (en particular en los ministerios y entidades públicas), que conozcan realmente las posibilidades y limitaciones del uso de las energías renovables.

## **Las energías renovables en el Perú**

También en el Perú se habla desde muchos años de la importancia de las energías renovables. Se han realizado, y siguen realizándose, estudios y diagnósticos del potencial de las diferentes energías renovables como de su uso. Los resultados fueron presentados en congresos y seminarios y son publicados en gran parte. Mencionamos aquí algunos: los trabajos realizados, o encargados por, el Ministerio de Energía y Minas, parcialmente publicados en <http://dep.minem.gob.pe> y [www.adinelsa.com.pe](http://www.adinelsa.com.pe); los trabajos realizados por universidades, en particular el CER-UNI, <http://cer.uni.edu> y el Grupo –PUCP, [www.pucp.edu.pe/grupo/](http://www.pucp.edu.pe/grupo/), e instituciones privadas como el ITDG, [www.solucionespracticas.org.pe](http://www.solucionespracticas.org.pe). Los trabajos presentados en el “I. congreso sobre biocombustibles y energías renovables”, realizado en mayo pasado en Lima, y publicado en [www.peruindustrial.com](http://www.peruindustrial.com).

A pesar de todo este esfuerzo, los resultados son todavía bastante limitados y, generalmente, distan mucho de lo esperado al iniciarse los diferentes actividades en ese campo. Como ejemplo mencionamos que el MEM, en sus planes de electrificación rural, indica desde muchos años metas de 6000 , o mas, sistemas fotovoltaicos domiciliarios, SFD, instalados por año, sin embargo, en su principal proyecto, iniciado en 1999 con co- financiación del PNUD, recién se está instalando 4500 SFD (ver: <http://dep.minem.gob.pe>).

A parte de lo indicado en los capítulos anteriores, valido también para el Perú, es relevante resaltar unos puntos:

- Si hay disponibilidad de energía hidráulica en un lugar, la electricidad producido con ella por un a mini- o picoturbina es más barata que la electricidad producida con aerogeneradores, y si hay vientos regulares con velocidades mayores de 4 – 5 m/s en un lugar, la electricidad producida con pequeños aerogeneradores es más barata que la electricidad generada con paneles fotovoltaicas.
- Sin embargo, en muchos lugares no existe ni energía hidráulica ni energía eólica en forma regular, pero en la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante uniforme durante todo el año, estando casi siempre dentro de un margen de +/- 20 % del promedio anual. En términos generales, este promedio anual es de 4-5 kWh/m<sup>2</sup>día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m<sup>2</sup>día, aumentando de norte a sur.
- Para la electrificación rural de zonas alejadas de la red, donde vive todavía 25% de la población del Perú, en muchas regiones la electrificación fotovoltaica es a corto y mediano plazo la solución más viable. A pesar de que esta situación es ampliamente reconocida, relativamente poco se ha hecho hasta la fecha en este campo. Esto se explica por varias razones, principalmente por que es más costoso electrificar regiones remotas y aisladas que regiones que pueden incorporarse a la red interconectada.

- Existen últimamente grandes debates sobre, de un lado, la producción de biocombustibles y, por otro lado, la generación de energía eléctrica con energías renovables y conectada a la red. En relación al primer punto hay que mencionar que es un tema todavía muy controversial, por su cuestionada eficiencia energética (en muchos casos se requiere más energía para producir el biocombustible que ese después genera) y por el requerimiento de tierras y agua, eventualmente necesarios para la producción de alimentos. En relación al segundo punto hay que anotar que el Perú tiene todavía un enorme potencial no utilizado para la construcción de hidroeléctricas grandes (situación muy diferente en los países industrializados que promueven la energía eólica y solar conectado a la red eléctrica) y que pueden probablemente producir electricidad más barata que la que es producida por otras fuentes.

- El uso de la energía solar no es limitada a su conversión en electricidad con paneles fotovoltaicos. Al contrario, un gran potencial tiene su uso térmico, en invernaderos, calentadores de agua, secadores solares y el calentamiento de ambientes. Hay diferentes experiencias exitosas en el Perú, pero que requieren mayor diseminación. Un ejemplo particularmente importante en las regiones altas andinas del sur del Perú, son los trabajos realizados por el Centro de los misioneros de Belén en Espinar, Cusco sobre calentamiento de casas, usando cocinas de leña mejoradas y una "arquitectura solar" (ver: [www.taller-inti.org](http://www.taller-inti.org)).

- En Perú, como en muchos otros países en desarrollo, el aspecto ecológico es sin duda importante para considerar el uso de las energías renovables. Sin embargo, a corto plazo es más importante el aspecto de desarrollo de regiones rurales apartadas de las redes energéticas. Para su desarrollo estas regiones necesitan energía, siendo la mejor opción a corto plazo, y muchas veces la única, la generación local de esta energía en base a la energía solar y la biomasa, y en menor escala, la energía hidráulica y eólica.

### **Un comentario final**

Considero que es una obligación de la sociedad peruana en su conjunto, es decir del Estado, promocionar el uso de las energías renovables en zonas remotas. En caso de instituciones sociales públicas, como colegios o postas de salud, el gobierno debe equiparlos con energía solar, asumiendo todo el costo de instalación y de mantenimiento y operación, como debe hacerlo con los otros costos de estas instituciones. En el caso de viviendas e instituciones privadas, el gobierno debe encontrar mecanismos de incentivos y subsidios directos a los usuarios finales, que permita a los pobladores de regiones apartadas adquirir con créditos los equipos necesarios, con cuotas acordes con sus posibilidades.

Finalmente: No es posible suministrar energía a regiones rurales alejadas con costos similares a los en regiones urbanas, pero más caro es no suministrar energía a esas regiones. La energía más cara es la energía que uno no tiene.