



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COOPERACIÓN REGIONAL
PARA LOS PAÍSES ANDINOS

SEMINARIO INTERNACIONAL

LAS ENERGÍAS RENOVABLES HOY

PERSPECTIVAS DE COLABORACIÓN ENTRE AMÉRICA LATINA Y EUROPA

*Sede de la Secretaría General de la Comunidad Andina
Av. Andrés Aramburú cdra. 4 ,San Isidro
Lima, 1 y 2 de Marzo de 2012*

**COMUNIDAD
ANDINA**



Apoyando



Institut de recherche
pour le développement



UNIVERSIDAD
PERUANA
CAYETANO
HEREDIA



**LAS ENERGÍAS RENOVABLES HOY
PERSPECTIVAS DE COLABORACIÓN
ENTRE AMÉRICA LATINA Y EUROPA
Lima, 1 y 2 de marzo de 2012**

ENERGIA SOLAR PARA REGIONES RURALES REMOTAS

Manfred Horn

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Peru

mhorn@uni.edu.pe; <http://fc.uni.edu.pe/mhorn>

Wicrococha, Lucma, Ancash

La demanda energética

Actualmente (fines 2011):

11,2 % de hogares peruanos no tienen electricidad (2006: 21%)

39% de hogares rurales no tienen electricidad

Meta para 2016: 85% de hogares rurales tengan electricidad

Premisa

**Sin energía, en especial sin energía eléctrica,
en todo el país, incluyendo las regiones rurales remotas,
no hay equidad,
ni democracia, ni desarrollo, ni bienestar**

La oferta energética del sol

El Perú es un país privilegiado en relación a la disponibilidad de la energía solar:

En casi todo el territorio, en particular en los Andes, la radiación solar promedio mensual es durante todo el año alta

En la mayor parte del Perú, el promedio mensual de la energía solar incidente sobre una superficie horizontal es mayor de

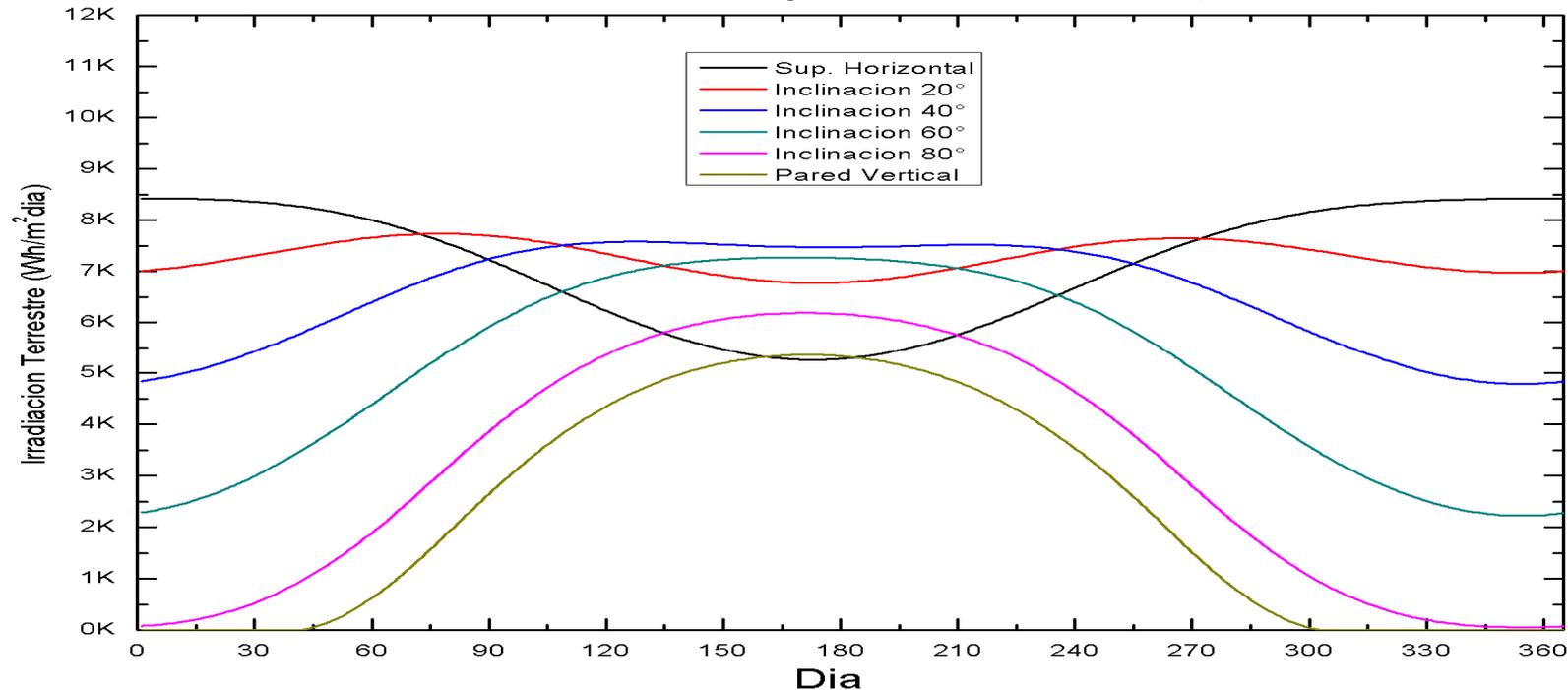
5 kWh /m² día



Atlas solar,
publicado por SENAMHI /
MEM

La oferta energética del sol

Radiación solar sobre superficies inclinadas, en Puno



La radiación solar directa diaria, incidente sobre una superficie mirando al norte y con una inclinación con respecto a la horizontal, para lat. 15° sur y altitud 4000 msnm

El Perú es un país dentro de la zona del trópico (latitudes de 0 – 18° sur), con niveles de radiación solar muy alta. Del gráfico se observa que para captar más energía solar durante todo el año, la mejor orientación es una superficie inclinada 0 – 40° hacia el norte

Los “Muros Trombe”, un ejemplo como no conviene usar la energía solar en el Perú:

Debido a su latitud geográfica, en el Perú los muros de Trombe, populares y apropiados en otros lugares, son ineficientes. La radiación solar no es aprovechada al máximo en paredes verticales. Mejor son tragaluces en el techo.



París – Francia Fuente: <http://www.construiredolaire.com>



Coachico – Puno.

Fuente: <http://www.muladarnews.com/2010/07/caritas-del-peru-campana-calor-patrio-2010/>



Collacachi – Puno.

Fuente: sallavor.org/resources/MUro%2Btrombe%2B.Proceso%2By%2Bconstrucci%2B3%2Bn.pdf

Ejemplos de Muros Trombe construidos en el Perú, mayormente por Sencico.

Energía solar para el desarrollo de regiones rurales

- **Aplicaciones térmicas:**

- ✓ Calentadores de agua para uso productivo y doméstico
- ✓ Calefacción solar de casas (contra el friaje en las regiones andinas altas)
“**Casas solares**”
- ✓ Invernaderos andinos
- ✓ Secadores solares
- ✓ Cocinas solares



“Casa solar” en San Francisco de Raymina, Vilcashuamán, Ayacucho contra el friaje



**Casa solar térmica, con
tragaluces, invernadero
adosado y cocina
mejorado,
un proyecto de CER –UNI,
con apoyo de GVEP**



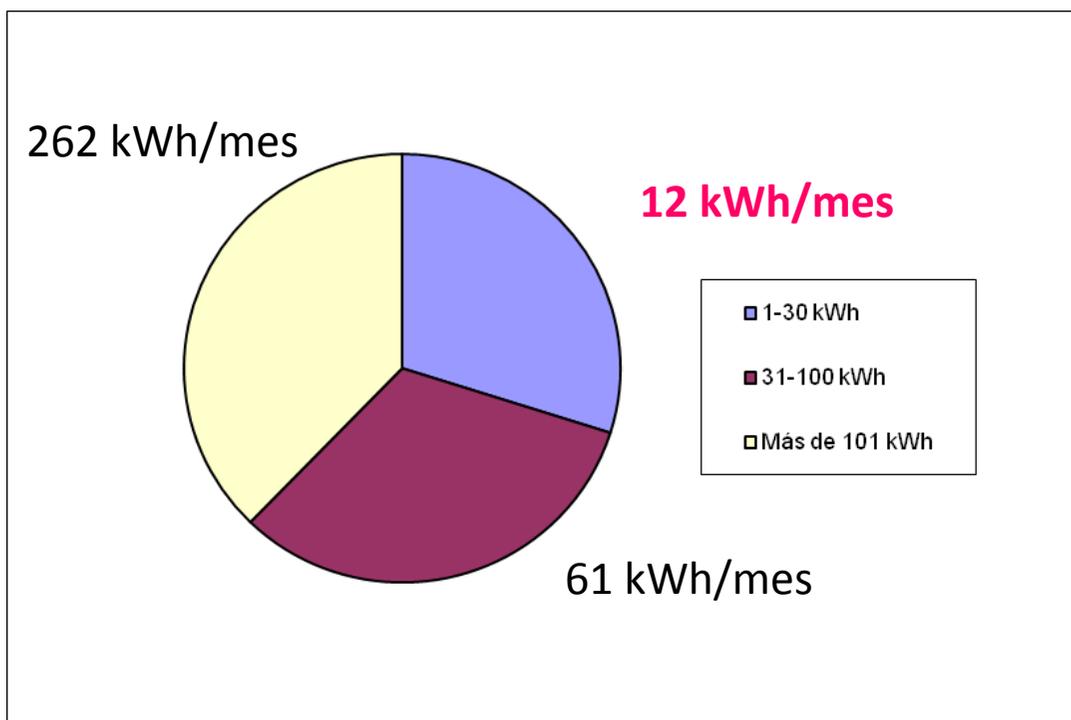
Energía solar para el desarrollo de regiones rurales

- **Aplicaciones fotovoltaicas:**

- ✓ La tecnología fotovoltaica es una tecnología muy apropiada para la electrificación de regiones alejadas de la red eléctrica; es confiable y aceptada por los usuarios. En muchos lugares la electrificación FV es la única con perspectivas de sostenibilidad.
- ✓ Existen sistemas FV para cada necesidad, desde instalaciones grandes (MW), pasando por sistemas de ≈ 1 kWp (para colegios, postas de salud, talleres comunales, etc.) , SFD de 50 – 150 Wp, hasta “Pico sistemas FV” de 2 -10 Wp

¿ Cuánto y para qué se usa electricidad en áreas rurales en el Perú?

Consumo eléctrico mensual por hogar (kWh/mes)



Un tercio de los hogares conectados a la red eléctrica consume en promedio **12 kWh/mes.**

Estos hogares están mayormente en áreas rurales, y usan la electricidad mayormente para iluminación, usando focos incandescentes

Promedio nacional de consumo de electricidad de los hogares conectados a la red eléctrica: 123 kWh / month

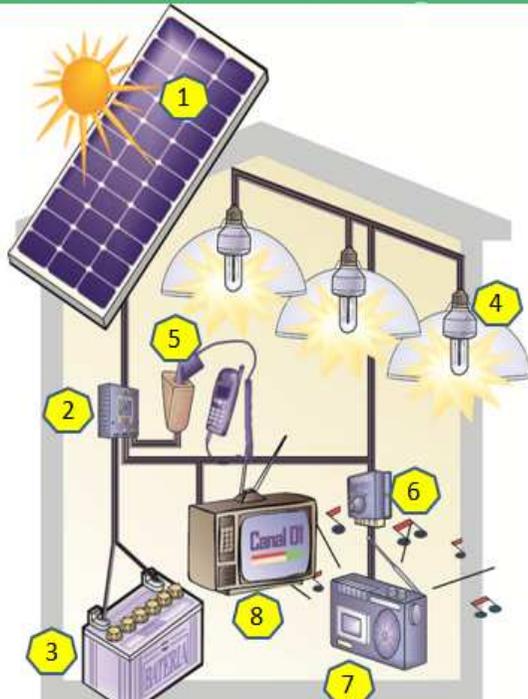
Fuente: Anuario OSINERGMIN 2008

Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios, SFD, muy usados para la electrificación rural

•SFD / SHS tradicional (“Solar home system”):

- un panel FV de 50 – 75 Wp; produce 5 – 8 kWh/mes (similar al uso en casas rurales conectadas a la red eléctrica)
- una **batería** de 12 V, 100 -150 Ah de **Pb ácido** (automotriz o “solar”)
- un regulador de carga
- cargas típicas : varias **luminarias LFC** de 5 – 20 W, 12 V DC, TV b/n, radio, etc.
 - costo \$ 500 - 1000

Sistema Fotovoltaico



1. Panel solar.
2. Regulador de carga.
3. Batería o acumulador
4. Lámparas eficientes de 12 voltios
5. Cargador celular
6. Adaptador de Voltaje
7. Radio
8. Televisor



Ejemplo de un proyecto con SFD:
Electrificación FV de Taquile, islas de los Uros
Lago Titicaca (proyecto CER –UNI, 1996)



La electrificación FV fomenta también el ecoturismo

Una nueva tecnología: “Sistemas pico fotovoltaicos”

- **Sistema Pico FV (moderno):**
 - un panel FV de 3 – 10 Wp; 0,3 - 1 kWh/mes
 - Cargas: una (s) lámpara(s) **LED**, radio, celular, etc.
 - una **batería Li-ion** (eventualmente Ni MH), generalmente incorporada en la luminaria
 - un regulador de carga, generalmente incorporado en la luminaria
 - costo \$ 50 - 200



LED: "Díodo emisor de luz":

una nueva fuente de luz muy eficaz, usada en "Sistemas pico fotovoltaicos"

Eficacia de diferentes lámparas eléctricas para producir luz visible

Tipo de lámpara	Eficacia (lm / W)
Incandescente (50 W)	11
Ahorrador LFC	50
LED (luz blanca)	5 - 150
Lámpara "ideal" (luz blanca)	250
Lámpara ideal (555 nm, verde)	683

Las ventajas de un sistema pico fotovoltaico para una electrificación rural básica

Con focos incandescentes (eficacia: 11 lm/W) y con 10 kWh/mes de electricidad (lo que corresponde a lo típico en casas rurales conectadas a la red eléctrica), se obtiene una energía luminosa de 110 klmh/mes.

Usando buenos LEDs (110 lm/W), se obtiene la misma energía luminosa con 1 kWh/mes de electricidad, lo que se puede obtener de un panel FV de 5 – 10 W_p .

Por lo tanto, un sistema Pico FV puede producir prácticamente los mismos beneficios que tienen la gente en áreas rurales conectados a la red, pero a un costo mucho menor.

Estado de arte actual de “Pico FV”

Con una batería de Li-ion de 16 Wh y 2 W de LEDs, se puede obtener:

- Flujo luminoso de 200 lm durante 8 h
 - Eficacia luminica global $> 110 \text{ lm/W}$
 - Iluminación de 40 – 60 lux sobre una mesa de 1 m^2
 - 16 Wh de batería pueden cargarse con un panel FV de 3 Wp durante un día con una radiación solar de 6 kWh/m^2 día

 - Existe un amplio espectro comercial de sistemas pico FV
 - La tecnología de lámparas Pico FV está progresando rápidamente, usando baterías de Li – ion (o NiMH) y LEDs con una vida muy larga y una eficacia $> 110 \text{ lm/W}$.
- Sistemas Pico FV son una solución para una electrificación rural básica, pero se requiere un control de calidad**

Baterías modernas (acumuladores de energía eléctrica), usadas en “sistemas pico FV”

Tipo de batería	Vida (ciclos)	Eficiencia energética (%)	Costo (\$/Wh)	Densidad de carga (Wh / kg)
Plomo ácido	300 (@ 30% DOD)	80	0,1	35
NiMH	500	60 - 80	0,25	70
Li Ion	500 - 2000	85 - 95	0,3	100 - 250
(gasolina)				12 000

Hay diferentes tipos de baterías de Li Ion, con 3,3 – 3,7 V:
grafito/ electrolito de sal de Li en solvente organico / Li FePO
ó LiMnO₂, LiCoO₂



Batería de Pb



Las baterías de Li ion son selladas, no requieren mantenimiento, tienen una densidad de carga alta y resisten muchos ciclos de carga /descarga

Aplicaciones productivas de la energía solar



RIASEF Red Iberoamericana para las Aplicaciones Sustentables de la Energía Fotovoltaica

Inicio

Objetivo

Beneficios

Grupos

Plan de Trabajo

Actividades

Quienes Somos

RIASEF fue creado a fines de 2002 con el fin de impulsar la aplicación de sistemas fotovoltaicos ambientalmente amigables en áreas rurales de Iberoamérica. Inicialmente participan 22 grupos iberoamericanos de R&D. RIASEF forma parte del Subprograma: VI: “Nuevas Fuentes y Conservación de Energía” del Programa CYTED.



El coordinador internacional de la red es Manfred Horn, del Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, Peru (mhorn@uni.edu.pe)

El propósito central de la red es el de mejorar el nivel de vida y aliviar las condiciones de pobreza en áreas rurales, tratando de aumentar las entradas de los grupos familiares.

ver en <http://fc.uni.edu.pe/riasef>:

- Marco conceptual para las aplicaciones sustentables de la energía FV
- Proyectos FV productivos en Iberoamerica

Aplicaciones productivos de la energía solar

COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE RAYMINA, VILCAS HUAMÁN, AYACUCHO



LÍNEAS PRODUCTIVAS

- Líneas de producción de Harinas Orgánicas
- Líneas de producción de Hierbas Aromáticas
- Líneas de producción en Biohuertos Familiares
- Líneas de producción en Invernaderos Comunes
- Líneas de producción de Quesos
- Líneas de servicio Turístico Vivencial



COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE RAYMINA, VILCAS HUAMÁN, AYACUCHO

**Otro ejemplo de una aplicación productiva de la energía solar:
Producción de quesos**

Vista exterior de la planta



Vista interior de la planta



Proyecto GVEP / CER-UNI, 2011

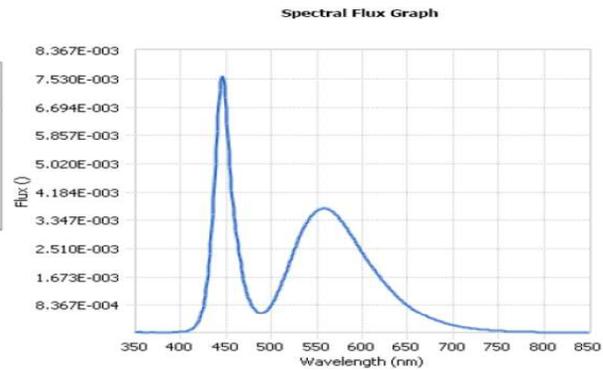
Barreras

- Hay pocos expertos en energía solar en el Perú (programa SEPES de la UNI, desde 1980, maestría, desde 2012)
- Falta de conocimientos técnicos por parte de responsables en gobiernos municipales, regionales y ministerios (riesgo de estafas)
- Poco control de calidad (Lab. Solar – UNI)

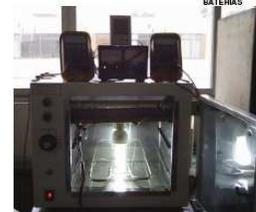
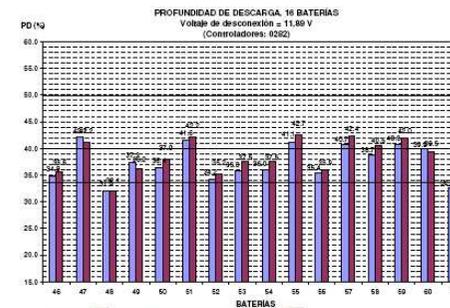
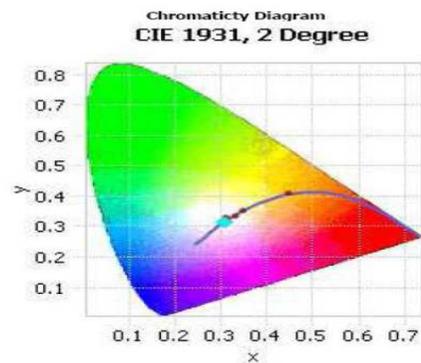
4.2.-Medición del flujo luminoso.

Con ayuda de la esfera integradora se obtuvo los siguientes datos:

Spectral Results		
Name	Value	Unit
Radiant Flux	6.051E-01	Watts
Luminous Flux	1.947E02	lumens
Chrom x	0.3079	
Chrom y	0.3156	
Chrom u	0.1996	
Chrom v	0.3068	
CCT	6912.1	°K
Corr. Coef.	0.0047	
RA	64.7	



Method	
Name	Value
Exposure Time (ms):	1911.33
Scans to Average:	10
Illuminant:	A
Device Under Test:	
Comment:	
Method:	NuMethod
Calibration Name:	cal_patron1_100413
Calibrated On:	13/04/2010 09:25:29 p.m.
Head Type:	Flux
Absorption Correction:	Enabled
Ref Lamp Correction:	abs_patron1_100413
Test Lamp Correction:	LED_litium



Conclusiones

- **La electrificación rural, y en general la energización rural, es necesaria para mantener la paz social y, la energía solar, en especial la electricidad fotovoltaica, presenta hoy en muchos casos la mejor opción, y, eventualmente la única sostenible.**
- **Para lograrlo se requiere, como ha demostrado la experiencia en muchos países, su promoción por parte de las diferentes instituciones públicas, consistente en programas de información, capacitación y incentivos económicos para la adquisición de la tecnología requerida (aerogeneradores, paneles solares, cocinas mejoradas, etc.).**
- **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 mas cara es la energía que uno no tiene.**



Raymina, Ayacucho

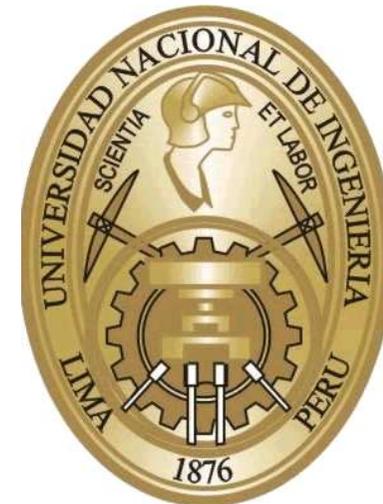
Más artículos en

<http://fc.uni.edu.pe/mhorn>

Muchas gracias

Manfred HORN

- El señor Manfred Horn es diplomado de Física de la Universidad de Munich, Alemania, y doctorado de Física de la University of British Columbia (UCB) de Vancouver, Canadá. Se desempeña ahora como profesor principal en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Lima, Perú, y como responsable de la cátedra CONCYTEC en Energías Renovables. Como consecuencia de las investigaciones que lideró en torno a la electrificación fotovoltaica rural, ha sido presidente de la Sociedad Peruana de Física y de la Asociación Peruana de Energía Solar. Es decano de la Facultad de Ciencias de la UNI y ejerce también como consultor independiente en energías renovables.
- Contacto : mhorn@uni.edu.pe ; <http://fc.uni.edu.pe/mhorn>
- La facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima (UNI) abarca varios laboratorios dedicados a ciencias y tecnologías relacionadas con las energías renovables con destino de alentar la innovación energética en el Perú. En particular, el Laboratorio de Energías Renovables de la UNI se destaca por su acción a favor de la implementación de renovables básicos en áreas rurales y aisladas, y en campo de electrificación rural.
- Se ubica en Lima, Perú.
- Mayor Información en <http://www.uni.edu.pe/>



La Corporación Andina de Fomento y la Cooperación Regional para los Países Andinos dan las gracias a los expositores por haber compartido su peritaje, al público por su presencia y a todas las personas que trabajaron para que este acontecimiento tuviera el éxito que conoció.

Coporación Andina de
Fomento (CAF)

IGARCIA@caf.com

www.caf.com/

Cooperación Regional para los
Países Andinos

clement.larrauri@diplomatie.gouv.fr

<http://www.franceamsud.org/site/>