



ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Introducción

La tecnología fotovoltaica (FV) convierte la luz del sol directamente en electricidad. Fue observada por primera vez en 1839 por el científico francés Becquerel, quién detectó que cuando la luz era dirigida sobre un lado de una única celda de una batería, podía incrementarse la corriente generada. A finales de la década de los 50, el programa espacial supuso el motor para el desarrollo de las células solares de silicón cristalina; Los primeros módulos comerciales producidos para aplicaciones terrestres empezaron en 1953 con la introducción de plantas automatizadas de producción de FV.



Figura 1: Panel fotovoltaico usado para iluminación solar en una población rural en Nepal. Foto de: Practical Action.

Hoy en día, los sistemas FV tienen una gran importancia en áreas alejadas de la red eléctrica donde suministran electricidad para bombeo de agua, iluminación, refrigeración de vacunas, verjas electrificadas para ganado, telecomunicaciones y otras muchas aplicaciones. No obstante, debido a la demanda global de reducir las emisiones de dióxido de carbono, la tecnología FV está también ganando popularidad como una fuente principal para generación de electricidad.

Actualmente, hay varios millones de sistemas solares FV en uso alrededor del mundo, con una capacidad instalada de más de 6.6GW globalmente (2006), aunque este número es todavía una proporción muy pequeña del vasto potencial que existe para FV con fuente de energía.

Los módulos fotovoltaicos suponen una fuente de electricidad independiente y segura en el punto de uso, lo que la hace particularmente adecuada para ubicaciones remotas. No obstante, la energía solar FV es cada día más utilizada en hogares y oficinas para suministro eléctrico como sustituto o complemento de la red eléctrica, con frecuencia en la forma de tejas solares FV. La luz del día es gratis, pero el coste de equipamiento puede necesitar varios años para ser amortizado. No obstante, en áreas remotas donde la conexión a la red de suministro es cara, FV puede ser la fuente energética económicamente más eficiente.

El uso de la energía solar fotovoltaica en países en desarrollo

La mayoría de los países en desarrollo se encuentran en la zona tropical y por lo tanto disponen de una amplia fuente de radiación solar (energía total recibida del sol por unidad de superficie). Las regiones tropicales también se benefician de tener una pequeña variación

Practical Action, The Schumacher Centre for Technology and Development, Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ, UK

T +44 (0)1926 634400 | F +44 (0)1926 634401 | E infoserv@practicalaction.org.uk | W www.practicalaction.org

estacional de la radiación solar, incluso durante la estación de lluvias, lo que significa que, al contrario que los países industrializados del norte, la energía solar puede ser aprovechada de manera económica a lo largo de todo el año.

China, India y otros países en desarrollo están apareciendo como importantes fabricantes de sistemas solares FV. En 2004, China tenía 70MW de capacidad de producción de celdas y 100 MW de capacidad de producción de módulos, comparado a la capacidad mundial de producción de módulos de 1150 MW. El principal productor indio solar FV es Tata BP Solar, que expandió su capacidad de producción de 8 MW en 2001 a 38 MW en 2004. Central Electronics, Bharat Heavy Electrical y WEBEL Solar son otros importantes productores indios de células/módulos solares. En Filipinas, Sun Power dobló su capacidad de producción en 2004. En Tailandia, Solartron PLC, dedicado al montaje de células solares – módulos, anunció planes para desarrollar la primera instalación de fabricación de células solares comerciales del país, con una capacidad anual de producción de 20 MW a partir del 2007.

La aplicación dominante de FV en países en desarrollo es el sistema solar para hogares (SHS). Este incluye la instalación de sistemas FV de 30 a 50 vatios pico (Wp), que cuestan unos 300\$ a 500\$ (USD) cada uno, en hogares individuales, principalmente en áreas rurales.

A parte de SHS, otras aplicaciones de FV en países en desarrollo incluyen 1) equipos de telecomunicaciones remotos accionadas mediante energía solar FV; 2) refrigeradores de clínicas de salud rurales; 3) bombeo de agua rural; 4) linternas solares y 5) programas de baterías de carga FV, que permite a los residentes en áreas rurales comprar o alquilar baterías para el suministro eléctrico de sus hogares y luego recargarlas en estaciones de carga fotovoltaicas. Ha habido algunos intentos de establecer redes de suministro eléctrico de energía solar FV en poblaciones de países en desarrollo, como por ejemplo en Sagar “La isla solar” en la costa India (ver más adelante).

El Coste de la energía solar FV

El coste ha sido la principal barrera para la extensión de la tecnología FV. Desde 1976, los costes han bajado un 20% cada año doblando la capacidad FV instalada, o un 5% /año. Los precios de los módulos han caído desde los 30\$/Wp en 1975 a cerca de los 3\$/Wp de hoy en día. Los costes subieron ligeramente en 2004 debido a la gran demanda (que superó a la oferta) y al incremento del coste de la silicón. Todavía existe la expectativa de que el coste continuará disminuyendo a medida que la producción en masa incrementa y la tecnología evoluciona.

Nota: El coste de los módulos FV normalmente se muestra en términos de vatios pico(Wp), que es el grado de potencia del panel en condiciones óptimas, lo cual es a 1kw/m2 radiación a 25 °C.

Aspectos técnicos

La naturaleza y disponibilidad de la radiación solar se describe en el informe técnico “Energía Solar Térmica”. Cuando la energía solar llega necesita ser capturada y esto puede hacer usando paneles fotovoltaicos.

Celdas, módulos y colectores fotovoltaicos

Cuando la luz incide sobre la superficie activa, los electrones de la celda se carga energéticamente en proporción a la intensidad y distribución espectral (distribución de la longitud de onda) de la luz. Cuando su nivel de energía supera un cierto punto, se establece una diferencia de potencial a través de la celda. Y entonces la celda es capaz de conducir una corriente eléctrica a través de una carga externa.

Todos los dispositivos FV comerciales usan silicón como material base, principalmente como celdas mono-cristalinas o poli-cristalinas, pero más recientemente también en su forma

amorfa. Otros materiales como el diseleniuro de cobre e indio y el telurio de cadmio se están investigando con el objetivo de reducir costes y aumentar la eficiencia. Una celda de silicón mono-cristalina está hecha a partir de una fina oblea de cristal de silicón de gran pureza, dopado con una pequeña cantidad de boro. Se difunde fósforo en la superficie activa de la oblea. En la parte frontal el contacto eléctrico se hace mediante una rejilla metálica, mientras que en la parte posterior el contacto normalmente cubre toda la superficie. Se aplica una capa de material anti-reflexivo a la superficie frontal. El tamaño típico de una celda es de unos 15 cm de diámetro. El proceso de producción de celdas solares eficientes es costoso debido al uso de silicón puro y a la energía consumida, pero conforme la tecnología de materiales mejora, los costes van disminuyendo lentamente, haciendo más atractiva la tecnología fotovoltaica.

Los módulos en un colector FV normalmente se conectan primero en serie para obtener el voltaje deseado; Las cadenas individuales son entonces conectadas en paralelo para permitir que el sistema produzca más corriente. Seguidamente se protegen mediante su encapsulación entre vidrio y un fuerte panel trasero metálico, plástico o de fibra de vidrio. El conjunto se junta mediante un marco de acero inoxidable o aluminio para formar un módulo. Estos módulos, normalmente compuestos por unas 30 celdas FV, forman el bloque básico de un colector solar. Los módulos pueden estar conectados en serio o en paralelo para incrementar el voltaje y la intensidad, y así conseguir las características del colector solar que igualarán la carga deseada. Un módulo de tamaño típico tiene 50Wp y produce corriente continua a 12v (ej. para carga de baterías).

Los módulos FV comerciales se pueden clasificar en 3 categorías según el tipo de celda solar utilizada.

- *Módulos de celda mono-cristalina. La eficiencia más alta para estas celdas obtenida con estos módulos. es de un 15 – 18%. Las celdas son cortadas de un cristal de silicón mono-cristalino.*
- *Módulos de celda poli-cristalinos. El proceso de fabricación de la celda es menos costoso pero la eficiencia de las celdas obtenidas es de sólo un 15%. Una celda poli-cristalina se corta a partir de un lingoto fundido de silicón policristalina y suele tener forma cuadrada.*
- *Módulos de silicón amorfa. Estos están hechos a partir de una fina película de silicón amorfa, su eficiencia es mucho menor (10 a 12 %) pero el proceso utiliza menos material. El potencial para la reducción del coste más grande corresponde a este tipo de celdas por lo que en los últimos años se está llevando a cabo mucho trabajo en el desarrollo de la tecnología de silicón amorfa. Al contrario que las celdas mono- y poli-cristalinas, con las de silicón amorfa existe algo de disminución de potencia con el tiempo.*

Un colector puede ir desde uno o dos paneles con una potencia de 10W o menos, hasta una gran bancada de varios kW o incluso MW.

- *Los colectores más comunes, son los de placa plana fijos e inclinados cierto ángulo hacia el ecuador. El ángulo de inclinación debe ser aproximadamente igual a la latitud de su ubicación. Un ángulo mayor incrementa la potencia en invierno y un ángulo menor lo hace en verano. Debe ser de al menos 10 grados para permitir que la lluvia caiga.*
- *Los colectores de seguimiento siguen el camino del sol durante el día y por lo tanto, teóricamente capturan mayor radiación solar. No obstante, el aumento de complejidad y el coste de equipamiento raramente los hace merecer la pena.*

- *Colectores móviles o portátiles pueden ser útiles si el equipo a operar se requiere en diferentes ubicaciones como por ejemplo puede ocurrir con algunos sistemas de iluminación o pequeños sistemas de bombeo para riego.*

Sistemas solares fotovoltaicos

Mientras que en los países desarrollados ha habido un rápido incremento de sistemas FV conectados a la red eléctrica, en los países en desarrollo la mayoría de los sistemas FV están aislados de la red. Los sistemas aislados pueden usarse para alimentar una carga directamente; el bombeo de agua es un buen ejemplo – el agua se bombea durante las horas de sola y se almacena para su uso; o una batería puede usarse para almacenar energía para usar en iluminación durante la noche. Si se usa un sistema de carga de batería, entonces se necesitará un dispositivo electrónico de control para monitorizar el sistema. Todos los componentes a excepción del panel FV se refieren como componentes de equilibrio del sistema (BOS, del inglés “Balance Of System”). La figura más abajo muestra una configuración típica de un sistema FV aislado. Sistemas de este tipo se pueden comprar como kits e instalarse por mano de obra semi-especializada.

Para estimar de forma correcta el tamaño del sistema FV, el usuario necesita estimar la demanda del sistema, así como recopilar información sobre la radiación solar en el área (se pueden hacer aproximaciones si no hay datos disponibles). Normalmente se asume que por cada Wp of potencia, el panel debería suministrar 0.85wh de energía por cada kwhm^{-2} por día de radiación (Hulscher 1994). Por lo tanto, si consideramos un panel de 200Wp y la radiación para nuestra ubicación es 5 kwhm^{-2} al día (valor típico de regiones tropicales), entonces nuestro sistema producirá 850 Wh al día (esto es $200 \times 0.85 \times 5 = 850$).

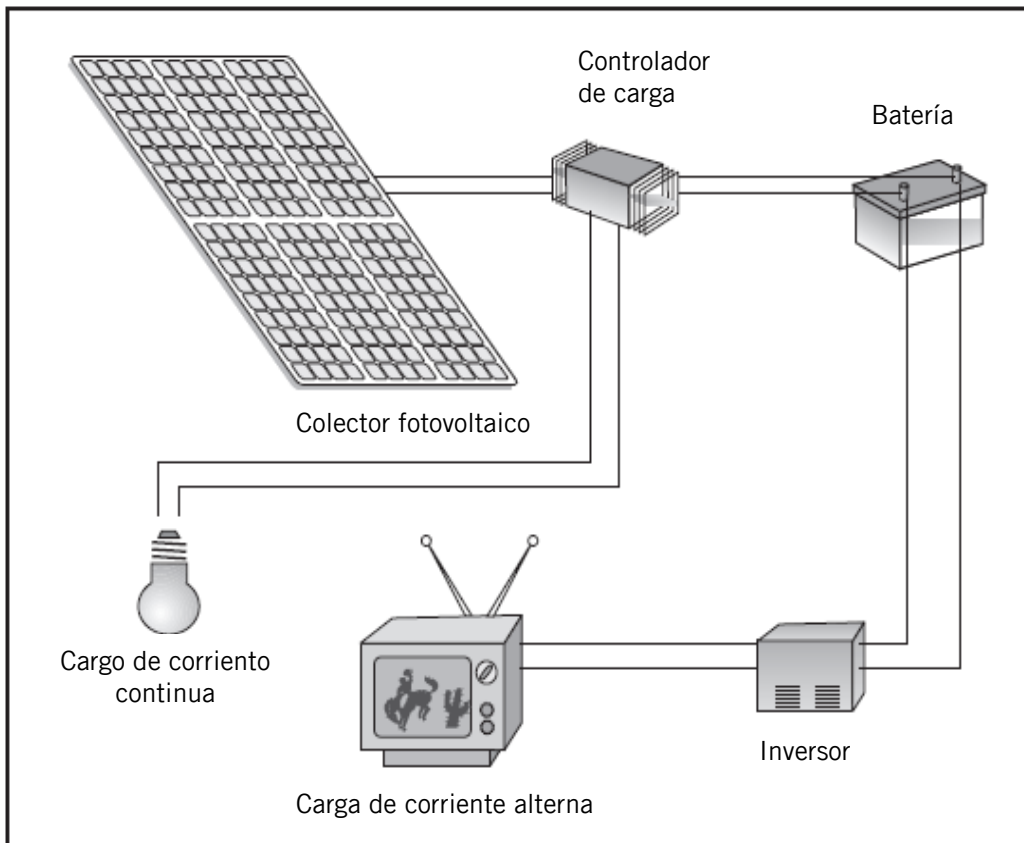


Figura 2: Componentes de una instalación FV típica sin conexión a red de suministro eléctrico. (Figura cortesía de Texas State Energy Conservation Office)

Algunos beneficios de la energía solar FV

- No se necesita combustible. En áreas remotas el suministro de diésel o queroseno es errático y con frecuencia muy caro.
- Los costes recurrentes de operación y mantenimiento de los sistemas FV son pequeños.
- Diseño modular – Un colector solar está compuesto por paneles FV individuales que pueden conectarse para alcanzar una demanda particular.
- Fiabilidad de los paneles FV – Esta ha demostrado ser significativamente mayor que la de los generadores diésel.
- Fácil de mantener- La operación y las rutinas de mantenimiento necesarias son sencillas.
- Larga vida útil – con componentes no móviles y todas las superficies delicadas protegidas, se puede esperar que los paneles suministren energía durante 15 años o más.
- Beneficios económicos nacionales- se reduce la dependencia en combustibles importados, como carbón o petróleo.
- Benigno para el medio ambiente – No hay polución asociada al uso de los sistemas FV – ni se genera calor o ruido que podría causar incomodidad local. Los sistemas FV conllevan grandes mejoras en el ambiente doméstico cuando reemplazan otras formas de iluminación – lámparas de queroseno, por ejemplo.

Aplicaciones FV en países menos desarrollados

Rural electrification

- Iluminación y suministro de potencia para edificaciones aisladas (mezquitas, iglesias, templos, etc., granjas, escuelas, refugios de montaña) – Se recomienda iluminación mediante tubos fluorescentes o mediante LED.
- suministro eléctrico para poblaciones remotas
- iluminación de calles
- sistemas para casas individuales (sistemas solares caseros)
- carga de baterías
- mini redes de suministro eléctrico

Véase el informe técnico de Practical Action “Iluminación rural”.

Bombeo de agua y sistemas de tratamiento

- bombeo de agua potable
- bombeo para riego
- desagüe y drenaje
- producción de hielo
- sistemas de desalación de agua salobre
- purificación de agua

Véase el informe técnico de Practical Action bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica

Sistemas de cuidado de la salud

- iluminación en clínicas rurales
- transmisores UHF entre centros de salud
- Refrigeración de vacunas
- congelado de paquetes de hielo para transporte de vacunas
- esterilización
- refrigeradores para almacenamiento de sangre

FV se usa con frecuencia para suministrar energía para refrigeración de vacunas en centros de salud aislados. Véase el informe técnico de Practica Action “Refrigeración de vacunas

mediante energía solar fotovoltaica”.

Comunicaciones

- repetidores de radio
- receptores remotos de TV y radio
- estaciones meteorológicas remotas
- radios móviles
- cabinas telefónicas rurales
- adquisición y transmisión de datos (por ejemplo, niveles de ríos y sismógrafos)

Ayudas al transporte

- iluminación de señales de tráfico
- cruces de raíles de tren y señales
- luces de aviso y peligro
- boyas de navegación
- marcas de carretera

Sistemas de seguridad

- iluminación de seguridad
- sistemas de alarma remota
- vallas electrificadas

Miscelánea

- sistemas de ventilación
- bombeo y sistemas automáticos de alimentación en piscifactorías
- bombas para circulación de agua de calefacción
- potencia de barcos
- cargadores para baterías de vehículos
- sistemas de monitorización de terremotos
- sistemas de emergencia para caso de desastre

Otros asuntos

Ensamblaje local de paneles FV y componentes BOS.

Mientras que generalmente solo los mayores países en desarrollo tienen capacidad para fabricar celdas solares, es cada vez más común que el ensamblaje de los paneles y los componentes BOS se haga en muchos países en desarrollo. Esto no sólo reduce el coste total del sistema, sino que crea puestos de trabajo a nivel local y asegura que los sistemas se diseñen para aplicaciones locales.

Cooperativa solar para mujeres de Bangladesh

La consultora Prokaushali Sangsad Limited (PSL) se dio cuenta de la necesidad de iluminación de calidad y fomento del empleo de mujeres sin experiencia en la remota isla de Char Montaz en Bangladesh. De modo que pusieron en marcha la cooperativa de electrificación de la costa y desarrollo de la mujer (Coastal Electrification and Womenly Development Co-operative, CEWDC). Los 35 miembros de la cooperativa montan y venden sistemas fotovoltaicos para hogares (Solar Home Systems, SHS) a otras familias de la isla, y también gestionan un servicio de carga de baterías.

Los sistemas solares para hogares (SHS) son sistemas eléctricos pequeños e independientes de la red de distribución. Están compuestos por: un módulo fotovoltaico (FV); una batería recargable; un controlador de carga, que evita que la batería se sobrecargue o se descargue completamente; lámparas fluorescentes de 6 a 11 W; cableados y fijaciones. Los módulos FV son de 20 a 80 Wp siendo el de 50 Wp el tamaño más usual. Un sistema basado en un



Figura 3: La Encanada infocentre, Perú. Dispone de paneles solares para generar electricidad y un satélite para telecomunicaciones. Foto: Practical Action / Jaime Soto.

módulo FV de 20 Wp puede suministrar a dos o tres lámparas de 6 W por aproximadamente 4 horas al día: al otro extremo del rango de tamaños, un sistema de 80 Wp puede aportar la potencia necesaria para cuatro lámparas de 8 W y una televisión en blanco y negro.

Fuentes: Premios Ashden para el desarrollo sostenible

Distribución a áreas remotas.

Para distribuir la energía solar FV a áreas remotas, es importante que haya suficiente capacidad en la zona para suministrar, instalar y mantener los sistemas solares. Además, en zonas de bajo poder adquisitivo, los micro créditos son un elemento importante del programa de distribución, para permitir el pago del coste del sistema en un periodo de tiempo.

Energía solar para cubrir la necesidades básicas en el Himalaya

Durante los últimos 10 años se ha estado introduciendo la tecnología solar en remotas e inaccesibles poblaciones en el Himalaya mediante proyecto innovador desarrollado por el Barefoot College de Rajasthan, India. El proyecto ha mostrado que con el entrenamiento apropiado, comunidades rurales y pobres pueden instalar equipamiento solar en sus poblaciones y después mantenerlos sin ningún tipo de ayuda adicional. El proyecto ha entrenado en Barefoot College a pobladores analfabetos y semi-analfabetos como "Ingenieros Solares Barefoot" (Barefoot Solar Engineers, BSEs). Después del período de aprendizaje, regresaron a sus pueblos para instalar las unidades solares y proveer a sus comunidades de un servicio competente y cualificado de reparación y mantenimiento de componentes.

Fuente: Premios de la fundación Ashden para la energía sostenible

Sistemas híbridos

Los sistemas solares FV pueden usarse en combinación con otras tecnologías energéticas para garantizar un sistema integrado y flexible para la generación de potencia en lugares aislados. Estos sistemas se conocen como sistemas híbridos. Configuraciones habituales de sistemas híbridos pueden incluir un bastidor solar FV, un generador eólico y uno diesel que permitiría la generación de electricidad en todas las posibles condiciones ambientales. Estos sistemas necesitan una planificación cuidadosa.

Farolas solares

Un nuevo sistema son las farolas solares. Originalmente diseñadas para actividades de ocio al aire libre para el mercado occidental, estas simples lámparas con un pequeño módulo FV (5 – 10 W) es extremadamente apropiado para la sustitución de lámparas de queroseno en áreas rurales de países en desarrollo.



Figura 4: estudiando in Nakuru, Kenia.
Foto de: Practical Action / Zul.

Glowstar – Kenia

La lámpara solar, "GLOWSTAR" ha sido diseñada como una alternativa de bajo coste a los Sistemas Solares para Hogares y está pensada para permitir a las familias rurales en Kenia subir los primeros peldaños de la "escalera energética". La lámpara es barata de mantener y suministra una abundante y gratis fuente de energía ya que es accionada mediante la radiación solar. La lámpara solar consta de un módulo fotovoltaico y una lámpara que contiene una bombilla de alta eficiencia, una batería recargable y un circuito de control de carga.

La farola solar es ideal para cualquier aplicación dónde no hay conexión a la red local de suministro eléctrico, tales como hogares rurales y granjas, escuelas y universidades, hospitales, clínicas y otros centros comunitarios. También tiene importantes aplicaciones en aquellos lugares donde el suministro eléctrico es inconsistente o poco fiables.

Fuente: Consultoría Practical Action.

Iluminación LED

En años recientes la energía solar fotovoltaica se ha acoplado con diodos emisores de luz (Light Emitting Diodes, LED) para suministrar luz de forma energéticamente eficiente. Avances recientes en la tecnología LED han conducido al desarrollo de diodos emisores de luz blanca (white light emitting diodes, WLED). WLED suministran una luz blanca brillante que es ideal para iluminación doméstica. La ventaja de usar LEDs con sistemas solares FV es que el LED requiere mucha menos potencia (menor que la de las bombillas convencionales de alta eficiencia), por lo tanto el tamaño y coste del sistema solar es más reducido para cada hogar.

Micro redes

La energía solar FV puede utilizarse para suministrar electricidad a pequeñas redes de distribución, con un sistema centralizado de generación de potencia. Conforme disminuye el coste de producción de las celdas FV, su uso para producción de electricidad a mediana escala se está adoptando con más frecuencia. También hay lugar para producción de electricidad a gran-escala para provisión de picos de potencia.

Isla Sagar – La isla solar

La isla Sagar está situada en la esquina sudoeste del delta del río Ganges, en la India. La West Bengal Renewable Energy Development Agency (WBREDA) ha estado trabajando en la Isla Sagar desde 1996 para abordar el problema del suministro energético. Desde entonces han montado un total de 11 pequeñas plantas solares FV de potencia, en la Isla Sagar y su vecina Isla Maushuni. Cada planta tiene su pequeña mini red que distribuye potencia eléctrica a las aldeas alrededor. Las redes se conectan durante seis horas al día, desde las 6pm hasta medianoche, y son gestionadas por una sociedad de cooperativas formada por los pobladores que usan la potencia.

Las 11 plantas de potencia en operación suministran potencia estable y confiable de 400/230 v, trifásica, a 50Hz durante seis a siete horas al día a través de líneas de distribución locales. La capacidad combinada de las plantas es de 400 Kw y WBREDA estima que se necesitan 400KW más para garantizar el suministro eléctrico de todas las aldeas de las dos islas.

Fuente: Premios de la Fundación Ashden para Energía Sostenible

Fuentes y referencias

- *Informe técnico de Practical Action: Bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica*
- Informe técnico de Practical Action: Refrigeración de vacunas mediante energía solar fotovoltaica
- *Informe técnico de Practical Action: Iluminación rural*
- Informe técnico de Practical Action: Baterías
- *Electricidad solar para más de un billón de personas y dos millones de trabajos para 2020. EPIA y Grrenpeace, Generación Solar IV-2007*
http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/EPIA_SG_IV_final.pdf
- *Photovoltaics Design and Installation Manual: Renewable Energy Education for a Sustainable Future*, Solar Energy International, New Society Publishers, 2004
- *Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications*, T. Markvart and L. Castañer (eds), Elsevier, Oxford, 2003.
- *Solar Electricity (Segunda edición)*, Tomas Markvart (ed): Editorial: John Wiley & son, 2000.
- *The GEF Solar PV Portfolio: Emerging Experience and Lessons, Monitoring and Evaluation Working Paper 2*, E.Martinot, R. Ramankutty, F. Rittner, Global Environment Facility, 2000, ISBN 1-884122-88-4, ISSN 1020-0894.
http://www.gefweb.org/2_Solar_PV-nocov.pdf

- *A case study on private provision of photovoltaic systems in Kenya, Energy and Development Report, Energy Services for the World's Poor*, M. Hankins, World Bank, ESMAP, 2000, ch 11. http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/energy_report2000/
- *Renewable Energy Technologies*. H.P. Garg, D. Gouri, and R. Gupta, Indian Institute of technology y British High Commission, 1997.
- *Renewable Energy Technologies in Africa*. S. Karekezi and T. Ranja: AFREPREN / SEI / Zed Books, 1997.
- *Rural Lighting – A guide for development workers*. J.P. Louineau, M. Dicko, P. Fraenkel, R. Barlow and V. Bokalders, Practical Action Publications and The Stockholm Environment Institute, 1994.
- *Photovoltaic Applications in Rural Areas of the Developing World*. G. Foley, World Bank, 1995.
- *Best Practices for Photovoltaic Household Electrification Programs*. A. Cabraal, M. Cosgrave-Davies and L. Schaeffer, World Bank, 1996.

Direcciones de internet

Solarbuzz Inc.

www.solarbuzz.com

Home Power Magazine

www.homepower.com/

International Solar Energy Society

www.ises.org

U.S. National Centre for Photovoltaics

www.nrel.gov/ncpv

International Centre for Application of Solar Energy

www.case.gov.au

Centre for Renewable Energy and Sustainable Technology

www.crest.org

International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme

www.iea-pvps.org/

Independent site operated by ECOFYS BV, Utrecht, Netherlands

www.mysolar.com

Fabricantes/Distribuidores de productos fotovoltaicos

Nota: esto es una lista selectiva de suministradores y no implica ningún tipo de vinculación con Practical Action.

Un directorio de distribuidores de sistemas solares por país puede obtenerse on-line a través de Solarbuzz:

<http://www.solarbuzz.com/solarindex/expo.htm>

A continuación hay unos cuantos ejemplos de las muchas compañías que suministran energía solar alrededor del mundo.

Animatics Ltd.

Haile Selassie Avenue, P.O. Box 72011,
Nairobi, Kenia

Tel: +254 2 210 300

Fax: +254 2 210 315

Kenital Solar Energy

Ngong Road, P.O. Box 19764, Nairobi, Kenia

Tel: +254 2 715 960

Fax: +254 2 718 959

E-mail: info@kenital.com

Web: www.kenital.com

Lotus Energy Pvt. Ltd.,
Bhatbhateni Dhunge Dhara, P.O. Box 9219,
Katmandú, Nepal
Tel: +977 1 418 203
Fax: +977 1 412 924
E-mail: info@lotusenergy.com
Web: www.lotusenergy.com

CIME Commercial S.A.,
Av. Libertadores # 757, San Isidro, Lima 27,
Perú
Tel: +511 222 6083
Fax: +511 222 6330

Link Intertrade (Private) Ltd.,
385C Old Kotte Road, Rajagiriya, Sri Lanka
Tel: +94 1 873 211-2
Fax: +94 1 867 952
E-mail: intertrade@link.lk

Solarman Co.,
P.O. Box 11545, Khartoum, Sudán
Tel: +249 11 472 337
Fax: +249 11 473 138
Email: solarman29@hotmail.com

Alternative Technologies Pvt. Ltd.,
3 Canald Road, Graniteside, Harare, Mash
Cent, Zimbabue
Tel: +263 4 781 972-7
Fax: +263 4 775 264
E-mail: snakes@zambezi.net

Wisdom Light Group (P) Ltd.,
Gha/2, 178 Siphah-Kalopul, GPO Box 6921,
Katmandú, Nepal
Tel: 977-1-377254
Fax: 977-1-377256
E-mail: wisdom@mos.com.np
Web: www.wisdomlight.com.np

Ferreyros,
Av. Industrial 675-Lima, Perú
Tel: +511 336 7070
Fax: +511 336 8331
E-mail: ralfaro@ferreyros.com.pe
Web: www.ferreyros.com.pe

Solar Power & Light Co. Ltd.,
10 Havelock Place, Colombo 5, Sri Lanka
Tel: +94 1 688 730
Fax: +94 1 686 307

U.T.E. Group of Companies,
P.O. Box 2074, Khartoum, Sudán
Tel: +249 11 70147
Fax: +249 11 70147

Solamatics,
31 Edison Crescent, Graniteside, P.O. Box
2851, Harare, Zimbabue
Tel: +263 4 749 930
Fax: +263 4 771 212
E-mail: mikem@mcdiarmid.co.zw

technical brief

Módulos solares

Shell Solar India
20/1, Betta Chambers
4th Cross, 5th Main
Chamarajpet
Bangalore - 560018
Tel: +91 80 66 04874
Fax: +91 80 66 03815
Web: <http://www.shell.com/solar>

Sharp Photovoltaics Div
282-1 Hajikami, Shinjo-cho, Kita-Katsuragi-
gun, Prefectura Nara 639-2198, Japón
Tel: +81 745 - 63 35 63
Fax: +81 745 - 63 35 87
Email: webmaster@sharp.co.jp
Web: www.sharp.co.jp

BP Solar Headquarters
630 Solarex Court Frederick, Maryland 21703,
USA EE.UU
Tel: +1 301 698 4200
Web: www.bpsolar.com

Bharat Heavy Electricals Ltd. (BHEL)
BHEL House, Siri Fort, New Delhi - 110049,
India.
Fax +91 11 26493021; +91 11 26492534
Tel : +91 11 26001010 (múltiples líneas)
Email: query@bhel.com
Web: www.bhel.com

Ersol
Wilhelm-Wolff-Str. 23 99099 Erfurt, Alemania
Tel: 49 3 61 4 42 46 - 0
Fax: 49 3 61 4 42 46 - 25
E Mail: info@ersol.de
Web: www.ersol.de

Photowatt International SA (Part of Matrix Solar
Technologies Inc.)
33 rue St. Honore, Z.I. Champfleuri, 38300
Bourgoin Jallieu, Francia
Tel: +33 (0)474 93 80 20
Fax: +33 (0)474 93 80 40
Email: marketing@photowatt.com
Web: www.matrixsolar.com

Central Electronics Ltd. (CEL)
4 Industrial Area, Sahibabad, Uttar Pradesh
201010, India.
Tel: 91 120 2895165
Fax: 91 120 2895148
Email: cel@celsolar.com
Web: www.celsolar.com

Este informe técnico fue actualizado por última vez por Alison Doig para Practical Action en Octubre de 2007.

Practical Action
The Schumacher Centre for Technology and Development
Bourton-on-Dunsmore
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ
Reino Unido
Tel: +44 (0)1926 634400
Fax: +44 (0)1926 634401
E-mail: inforsew@practicalaction.org.uk
Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Practical Action es una organización para el desarrollo con una diferencia. Sabemos que las ideas más simples pueden tener el más profundo, efecto en el cambio de vida de los pobres alrededor del mundo. Por más de 40 años, hemos estado trabajando con algunos de los habitantes más pobres del mundo – usando tecnología sencilla para luchar luchar contra la pobreza y transformar sus vidas en algo mejor. Actualmente trabajamos en 15 países en África, Sur de Asia y América Latina.

technical brief