



BOMBEO DE AGUA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Introducción

El bombeo de agua tiene una larga historia; Se han desarrollado muchos métodos para bombear agua. La humanidad ha usado una variedad de fuentes energéticas, a saber energía humana, fuerza de los animales, energía hidráulica, eólica, solar y combustibles como diesel para pequeños generadores. Las bombas más comúnmente utilizadas en áreas remotas son:

- Bombas de mano
- Bombas de pozo accionadas directamente por diesel
- Bombas eléctricas sumergibles acopladas a un generador de diesel
- Bombas solares sumergibles

Las ventajas e inconvenientes de los distintos métodos de bombeo se exponen en la Tabla 1 a continuación:

	Ventajas	Inconvenientes
Bombas de mano	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible su fabricación local • fácil de mantener • bajo coste • no coste de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • pérdida de productividad humana • frecuente uso ineficiente de los pozos • pequeños caudales de flujo
Bombas accionadas mediante animales	<ul style="list-style-type: none"> • más potentes que las humanas • menor salario que la potencia humana • el estiércol se puede usar como combustible para cocinar 	<ul style="list-style-type: none"> • los animales requieren ser alimentados durante todo el año • con frecuencia se destinan a otras actividades en los períodos cruciales de regadío
Bombas hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> • operación desatendida • no coste de combustible • fácil mantenimiento • bajo coste • larga vida útil • alta fiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • requieren condiciones de ubicación específicas • bajo rendimiento
Bombas eólicas	<ul style="list-style-type: none"> • operación desatendida • fácil mantenimiento • larga vida útil • se pueden fabricar de forma local • no requieren combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> • se requiere almacenamiento de agua para períodos con poco viento • necesidades de un buen plan de diseño y planificación del proyecto • no son fáciles de instalar
Solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> • operación desatendida • no coste de combustible • bajo mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • elevado coste de equipo • requiere almacenamiento de agua para períodos nublados

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

Practical Action is a registered charity and company limited by guarantee.
Company Reg. No. 871954, England | Reg. Charity No.247257 | VAT No. 880 9924 76 |
Patron HRH The Prince of Wales, KG, KT, GCB

ficha técnica

	<ul style="list-style-type: none"> • fácil instalación • larga vida útil (20 años) 	<ul style="list-style-type: none"> • con frecuencia las reparaciones requieren técnicos entrenados
Bombas de diesel y gasolina	<ul style="list-style-type: none"> • rápido y fácil mantenimiento • bajo coste de capital • ampliamente utilizadas • pueden ser portátiles 	<ul style="list-style-type: none"> • suministro de combustible errático y de coste elevado • elevado coste de mantenimiento • corta vida útil • contaminación por ruido y humo

Tabla 1: Comparación de las técnicas de bombeo

Aplicaciones

Las bombas solares se usan principalmente en tres aplicaciones:

- suministro de agua a poblaciones
- bebida para ganado
- regadío

La Figura 1 muestra el esquema de una bomba solar usada para el suministro de agua a una población. La población tendrá una demanda constante de agua aunque es necesario almacenar agua para períodos de baja insolación (baja radiación solar). En ambientes donde existe estación de lluvias esta demanda se puede cubrir mediante la recolección del agua de lluvia durante dicha est

Idealmente en Saheliano África, el almacenamiento debería ser de 3 a 5 días de demanda de agua. En la práctica algunos tanques instalados no tienen la capacidad suficiente y son

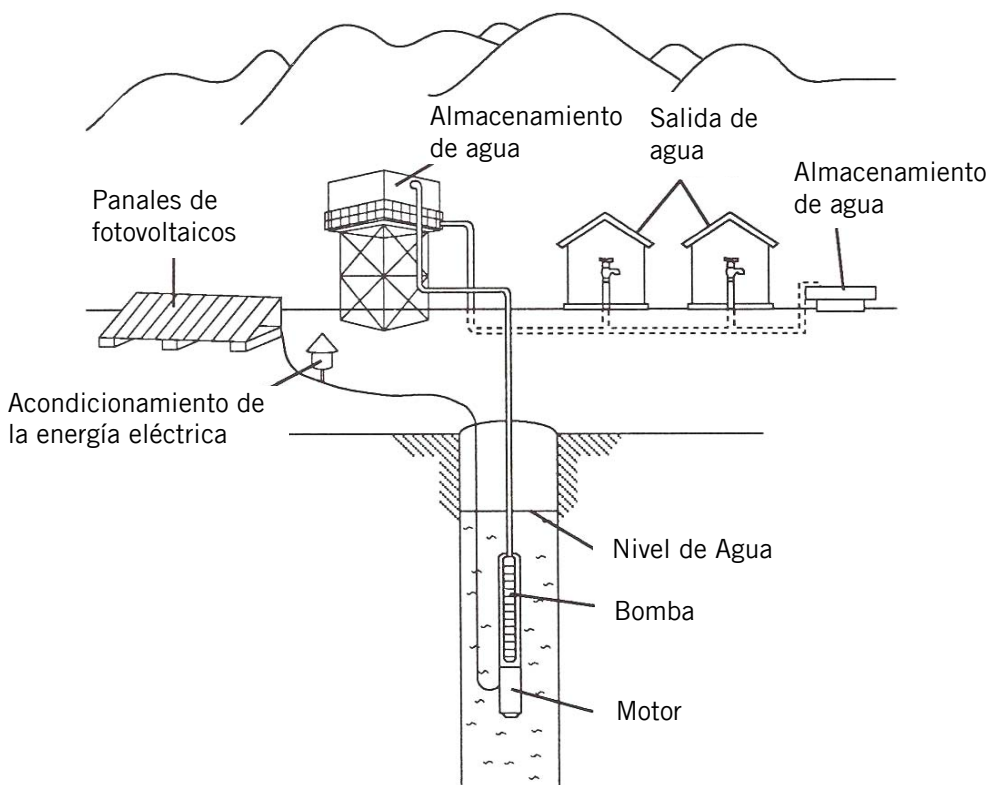


Figura 1: Suministro de agua a pueblo

menores de un día de capacidad, por lo que el tanque se queda vacío al final del día. Esto se debe a un diseño inconsistente entre el tamaño del tanque, la capacidad de la bomba y el perfil de demanda de agua durante el día.

Las principales aplicaciones del bombeo de agua mediante energía solar es para el suministro de agua para ganado en EEUU y Australia. En África estos sistemas son usados para el suministro de agua a las poblaciones y también para dar de beber al ganado. Mientras que la

aplicación del bombeo de agua mediante energía solar para regadío están incrementando especialmente en India y China.

Un sistema solar de regadío (Figura 2) tiene que tener en cuenta que la demanda de agua para uso agrícola variará a lo largo del año. La demanda punta durante la época de regadío es con frecuencia más del doble de la demanda media. Esto significa que las bombas solares para regadío pueden ser infra-utilizadas durante la mayor parte del año aunque puede producirse una reducción de la fuerza del sol durante esos períodos reduciendo el lado del suministro de la ecuación.

Se debe prestar atención al sistema de distribución y aplicación del agua a los cultivos. El sistema debe minimizar las pérdidas de agua, sin imponer resistencias adicionales significativas al sistema de bombeo y ser de bajo coste.

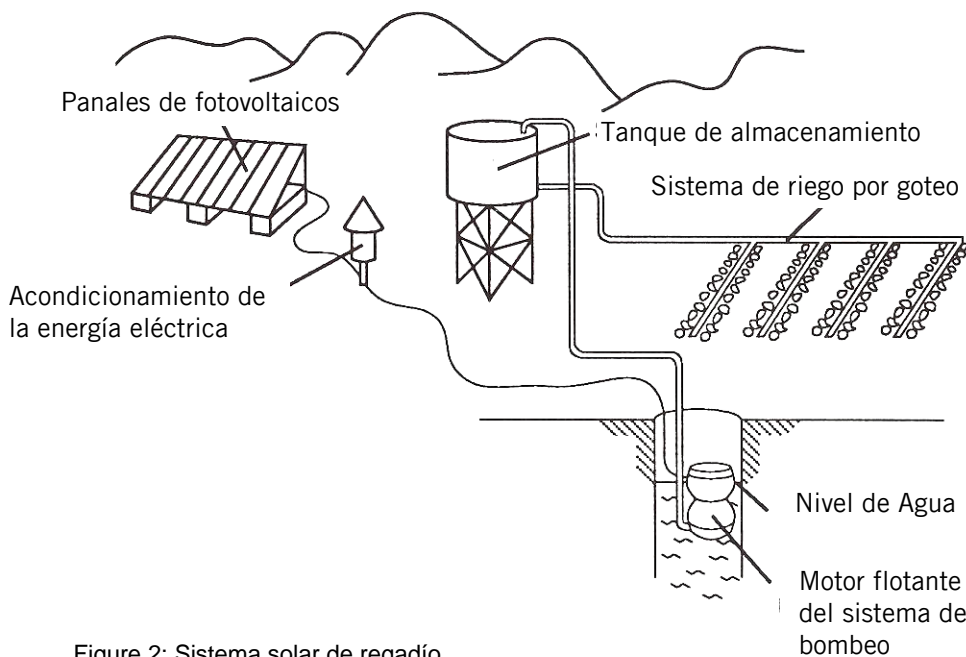


Figure 2: Sistema solar de regadío

La idoneidad de los principales sistemas de regadío para uso con bombas accionadas mediante energía solar se muestra en la Tabla 2.

Método de distribución	Rendimiento de la aplicación típica	Altura típica	Idoneidad para su uso con bombas solares
Canales abiertos	50-60%	0.5-1m	Sí
Aspersor	70%	10-20m	No
Goteo	85%	1-2m	Sí
Inundación	40-50%	0.5m	No

Tabla 2: Idoneidad de los principales métodos de regadío para su uso con bombeo solar

La tecnología

Las bombas fotovoltaicas están compuestas por una serie de componentes. Hay un sistema de colectores fotovoltaicos que convierten la energía solar directamente en electricidad como corriente continua. La bomba tendrá un motor eléctrico para su accionamiento. Las características de estos componentes tienen que coincidir para conseguir el mejor rendimiento. El motor de la bomba tiene su propia velocidad óptima de funcionamiento y carga según el tipo y el tamaño de la bomba.

Motor

Puede ser de corriente continua o alterna. Si es de corriente alterna entonces se necesitará un convertidor. Los motores de corriente alterna están más ampliamente disponibles.

Los convertidores se han hecho baratos y eficientes los sistemas de bombeo solar usan convertidores especiales con una frecuencia variable controlada electrónicamente, lo cual optimiza su emparejamiento con el panel y la bomba. Un sistema típico de corriente alterna también necesita baterías lo cual requiere mantenimiento y añade costes adicionales, ya que el sistema sería menos eficiente y necesitaría paneles solares más grandes.

El motor de corriente continua más eficiente es el motor magnético permanente. Los motores de corriente continua pueden tener escobillas de carbono que requieren ser reemplazadas cuando se desgastan. Por este motivo, si se usa un motor de corriente continua con escobillas entonces el equipo tendrá que ser sacado del pozo para reemplazar las escobillas, aproximadamente cada 2 años.

Hoy en día, existen también motores de corriente continua sin escobillas, en los cuales se usan circuitos eléctricos en lugar de conmutadores y escobillas. Estos sistemas se están haciendo muy populares en los sistemas de bombeo por energía solar.

Los motores sin escobillas requieren conmutadores electrónicos.

Paneles solares fotovoltaicos

Los principios básicos de los paneles solares fotovoltaicos se explican en detalle en el informe técnico de Practical Action titulado "Solar Photovoltaic Energy" ("Energía Solar fotovoltaica")

Algunos modelos usan un sensor GPS para proporcionar datos de latitud, longitud y tiempo y así posibilitar que el controlador controle la posición del bloque de paneles solares con respecto a la del sol.

La bomba

Las opciones de bombeo y de configuración del sistema se describen a continuación.

Bombas sumergibles

Con frecuencia con controladores de carga electrónicos. La bomba estará sumergida mientras que el controlador de carga está en la superficie.

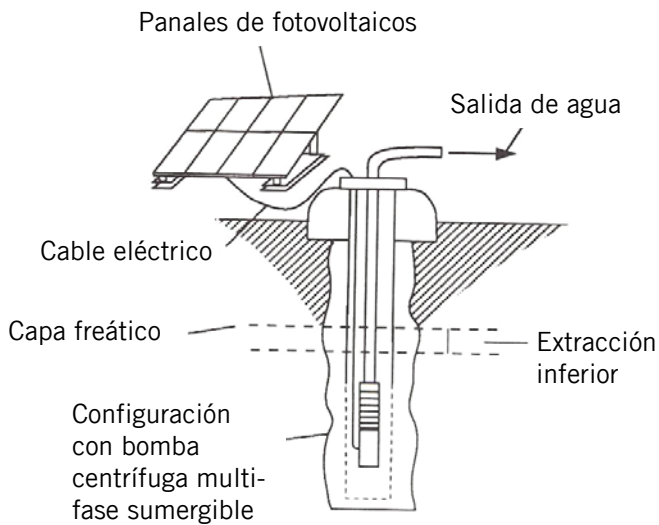


Figura 3: Configuración con bomba centrífuga multi-fase sumergible

Las ventajas de esta configuración son su fácil instalación, con frecuencia con tuberías flexibles y el impulsor sumergido lejos de daños potenciales.

Bombas centrífugas multi-fase

La bomba centrífuga puede accionarse a torques bajos y se puede emparejar con el bloque de paneles solares sin usar controladores electrónicos. Estas bombas no son tan eficientes como las de desplazamiento positivo las cuales usan controladores electrónicos de carga baratos.

Útiles para pequeñas cargas. Las más antiguas, accionadas con motores de corriente alterna operan a cargas de 10-25 m.

Bombas helicoidales de desplazamiento positivo.

Las bombas helicoidales tienen las mejores eficiencias y requieren los menores paneles fotovoltaicos para suministrar el mismo volumen y presión del agua. Tienen una baja velocidad rotacional. La bomba está compuesta por un rotor metálico helicoidal el cual rota en el interior de una carcasa de goma. Son aptas para cargas mayores.

Una bomba mono-solar se ralentizará cuando esté nublado, pero debido a que no tiene una velocidad mínima (al contrario que las bombas centrífugas) seguirá suministrando agua.

Bombas sumergibles con motor montado en la superficie

La principal ventaja es el fácil acceso al motor para su mantenimiento.

Sus desventajas son la baja eficiencia debido a la pérdida de potencia en el eje de rodamiento y el alto coste de instalación. En general esta configuración está siendo ampliamente sustituida por los de motor e impulsor sumergibles.

Bombas con motores flotantes

La versatilidad de las unidades flotantes hace a estas bombas ideales para riego para canales y pozos abiertos. El impulsor es fácil de transportar y la probabilidad de que entre aire a la bomba es despreciable.

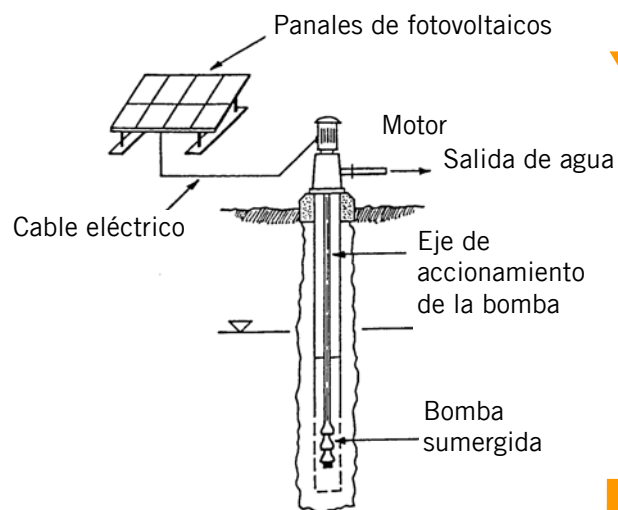


Figura 4: Bomba sumergible con motor montado en la superficie.

La mayoría de estos tipos de bombas usan una bomba centrífuga sumergida de una sólo fase. El tipo más común tiene un motor de corriente continua sin escobillas. Con frecuencia el soporte del bloque de paneles solares incorpora una agarradera o un carro tipo carretilla para permitir su transporte.

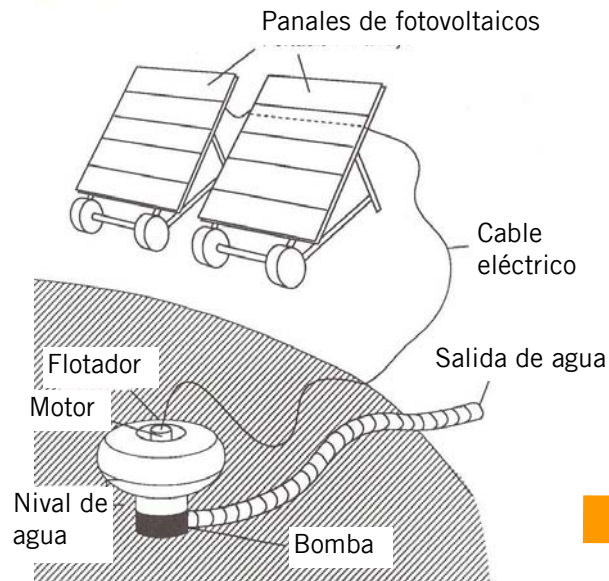


Figura 5: Bomba con motor flotante

Bombas superficiales de succión

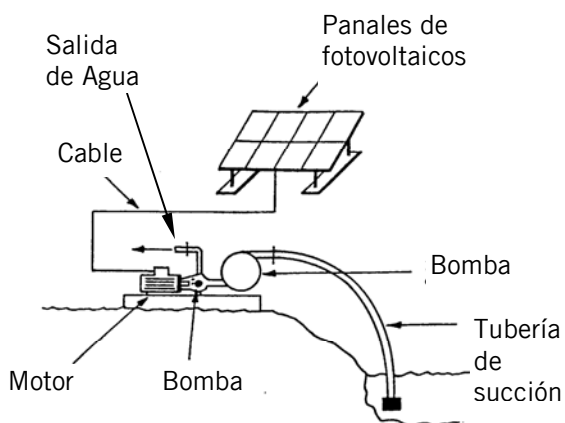


Figura 6: Bomba de succión

Este tipo de configuración es también apropiado para aplicaciones de baja carga. No se recomienda excepto en lugares donde habrá siempre un operador vigilando su mantenimiento y seguridad de los sistemas expuestos.

Aunque el uso de cámaras primarias y válvulas anti-retorno pueden prevenir la pérdida de cebo, en la práctica, se experimentan problemas de cebado y de arranque. Es imposible tener capacidades de aspiración superiores a 8 m.

Tipos menos comunes de bombas accionadas mediante energía solar incluyen las bombas de tipo caballo mecánico (“nodding donkey”) accionadas mediante energía solar fotovoltaica y también existen las bombas solares térmicas o bombas termosifones pero no están disponibles comercialmente.

Rendimiento

Hay bombas solares disponibles para bombear cualquier cantidad en el rango hasta 200 m de carga y con unos caudales de hasta 250 m³/día.

La tecnología de bombeo solar continúa mejorando. A principios de los 80 la eficiencia típica de energía solar a energía hidráulica (agua bombeada) era de alrededor de 2% con una eficiencia de los paneles fotovoltaicos de entre 6 – 8% y una eficiencia del motor de la bomba del 25%. Hoy en día, una bomba solar eficiente puede tener una eficacia media de energía solar a energía hidráulica de más del 9% pero eficiencias inferiores al 2 - 3% son todavía

habituales.

Puesto que la diferencia en coste entre una bomba más eficiente y otra menos eficiente, es mucho menor que el coste adicional requerido por un mayor panel fotovoltaico, es importante tener la bomba más eficaz posible. El dimensionamiento correcto del bloque de paneles es importante para mantener el bajo coste de capital.

Un buen subsistema (motor, bomba y acondicionador de potencia) debe tener una eficacia de energía eléctrica a hidráulica de alrededor del 70% usando bombas de accionamiento positivo. Con bombas de diafragma la eficacia estará alrededor del 45% y con bombas centrífugas alrededor del 20%.

Contratación

Evaluación de necesidades

El rendimiento de un sistema de bombeo solar depende en gran medida de un buen diseño basado en un conjunto de datos exactos sobre la ubicación y la demanda. Es por lo tanto esencial que se hagan suposiciones acertadas en lo relativo al patrón de demanda de agua y la disponibilidad del agua incluyendo rendimiento de pozos y sequías esperadas.

El uso per cápita de agua doméstica tiende a variar considerablemente según su disponibilidad. El objetivo a largo plazo es suministrar agua a la gente en cantidades suficientes para cubrir todas sus necesidades para beber, lavar y saneamiento. Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) tienen como objetivo un aprovisionamiento per cápita de 40 a 50 litros por día para consumo doméstico sólo, por lo tanto un pueblo con 500 habitantes tendría una necesidad de 20 metros cúbicos día. La mayoría de las aldeas tienen una necesidad combinada de agua para uso doméstico y de ganadería que requerirá cantidades muy superiores.

Las necesidades para regadío dependerán de las necesidades del cultivo, contribución efectiva del agua superficial y eficiencia del sistema de distribución al campo.

Las necesidades de regadío se pueden determinar mediante la consulta a expertos locales y agrónomos o a través de la referencia al documento de la FAO "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements" - FAO Irrigation and drainage paper 56, Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith .
<http://www2.webng.com/bahirdarab/Evapotranspiration.pdf>

Ver también:

- [Micro-Irrigation](#) (Micro-regadío) Practical Action Technical Brief
- [Modern Irrigation Technologies for Smallholders in Developing Countries](#) (*Sistemas modernos de regadío para pequeños productores en países en desarrollo*)
- [Operation and Maintenance of Small Irrigation Schemes](#) (*Operación y mantenimiento de pequeños sistemas de regadío*)
- [Small-scale Irrigation](#) (*Regadío a pequeña escala*)

Evaluando la disponibilidad de agua

Hay que tener en cuenta varios parámetros relacionados con la fuente de agua, y en lo posible medirse. Estos son la profundidad de la fuente de agua por debajo de la superficie, la altura del tanque de almacenamiento o el punto de salida del agua sobre la superficie del agua y variaciones estacionales del nivel de agua. La reducción o caída del nivel de agua una vez que empieza el bombeo también tiene que ser considerado en el caso de pozos. Este dependerá del ratio entre la velocidad de bombeo y la velocidad para rellenar la fuente de agua, y debería ser mediada o suministrada por aquellos que taladran el pozo. Además hay habitualmente una variación estacional del nivel de agua y una tendencia a largo plazo en la tabla de descenso del nivel del agua.

El patrón de uso del agua también tiene que considerarse en relación al diseño del sistema y las necesidades de almacenamiento. Los sistemas de suministro de agua deben disponer de suficiente agua almacenada cubierta para garantizar el suministro de agua diaria y cortos periodos de tiempo nublado. Generalmente se almacena el equivalente a 2 a 5 días de demanda.

Dimensionamiento de bombas solares

Energía hidráulica requerida (kwh/día)

= Volumen requerido (m³/día) x carga (m) x densidad del agua x gravedad / (3.6 x 10⁶)

= 0.002725 x volumen (m³/día) x carga (m)

La potencia requerida del sistema de paneles (kwp) =

$\frac{\text{Energía hidráulica requerida (kWh/día)}}{\text{Radiación solar diaria media (kWh/m}^2\text{/día x F x E)}}$

Donde F = factor de emparejamiento de los paneles = 0.8 de media (un factor de seguridad para el rendimiento real de los paneles expuestos al calor y después de 10-20 años)

y E = eficiencia diaria del subsistema = 0.25 – 0.40 normalmente

Costes

En general las bombas fotovoltaicas son económicas comparadas con las bombas diesel hasta aproximadamente 3kWp para el suministro de agua a aldeas y hasta aproximadamente 1 kWp para regadío.

Enlaces y lecturas de interés

- [Solar Water Pumping Guide](#) (63 páginas – archivo 4Mb pdf) Green Empowerment (Guía sobre el bombeo de agua mediante energía solar)
Esta guía paso a paso fue desarrollada para guiar a las ONGs a través de aspectos sobre evaluación técnica y comunitaria, diseño inicial y presupuesto para proyectos de bombeo de agua solar. Puedes descargar el documento en el enlace más abajo.
- [Solar Energy for Rural Communities: The Case of Namibia](#)
Yaron, Gil; Forbes, Tani and Jansson, Sven, Practical Action (Energía solar para comunidades rurales. El caso de Namibia)

Publicaciones

- [Solar Water Pumping: A Handbook](#) Jeff Kenna and Bill Gillett, Practical Action Publishing (Manual sobre sistemas solares de bombeo de agua)
- [Water Lifting Devices: A Handbook Third Edition](#)
Peter Fraenkel and Jeremy Thake, Practical Action Publishing (Manual sobre dispositivos para movimiento de agua. Tercera edición)
- [Practical Guide to Solar Photovoltaic Systems for Technicians: Sizing, installation and maintenance](#) Louineau, Jean-Paul, Practical Action Publishing (Guía práctica sobre sistemas solares fotovoltaicos para técnicos. Dimensionamiento, instalación y mantenimiento)
- [Electricity Services in Remote Rural Communities: The Small Enterprise Model](#)
Sanchez Teodoro, Practical Action Publishing (Servicios eléctricos en remotas comunidades rurales. El modelo de pequeñas empresas)
- [A Cost and Reliability Comparison Between Solar and Diesel Powered Pumps](#)
Solar Electric Light Fund (SELF), 2008 (Comparación sobre coste y fiabilidad entre bombas accionadas mediante energía solar y diesel)
- [Theft prevention measures for PV systems](#) Emcon Consulting Group, Namibia (Medidas de prevención de robo de sistemas fotovoltaicos)

Direcciones de interés

Green Empowerment
140 SW Yamhill
Portland, Oregon 97204
USA
Tel: (503) 284-5774
Fax: (503) 460-0450
E-mail: info@greenempowerment.org
Web www.greenempowerment.org

Lifewater International
2840 Main Street, Morro Bay, CA 93442
Mailing address: PO Box 3131, San Luis
Obispo, CA 93403, USA
Tel: +1 805 772 0600, +1 888 543 3426
Fax: +1 805 772 0606
E-mail: info@lifewater.org
Web: <http://www.lifewater.org/>

Proveedores

El mejor proveedor dependerá de la parte del mundo en la que se vaya a instalar la bomba. En las siguientes páginas web se puede encontrar información sobre proveedores de equipos.

- <http://energy.sourceguides.com/>
- http://www.ecobusinesslinks.com/solar_energy_solar_power_panels.htm

A continuación se presenta una muestra de proveedores lo cual no implica ningún tipo de ratificación por parte de Practical Action / Soluciones Prácticas.

The Old School
Eglwysfach
Machynlleth
SY20 8SX
United Kingdom
Tel & Fax: +44 (0)1654 781 241
E-mail: ian.tansley@brightlightsolar.com
Web: <http://www.brightlightsolar.com>

Proveedores de productos y soluciones profesionales para energías renovables. Experiencia internacional en bombeo de agua solar.

African Energy
237 S. Miller Lane, P.O. Box 664, Saint
David, Arizona USA, 85630
Tel: 1-520-720-9475
Fax: 1-520-720-9527
Web: <http://www.africanenergy.com>
E-mail: info@africaenergy.com

African Energy es un distribuidor especializado en electrónica solar y equipos back-up de potencia centrado exclusivamente en el Mercado africano, incluyendo sistemas solares de bombeo.

Mono Pumps (Australia) Pty. Limited,
338-348 Lower Dandenong Road,
Mordialloc 3195,
Victoria,
Australia
Web: <http://www.monopumps.com.au/en-au/solar-products>

Tata BP Solar India Ltd
 78, Electronics City
 Hosur Road
 Bangalore 560 100
 India
 Tel: 6660 1300, 4070 2000, 4070 3000
 Fax: 080-2852 0116
 E-mail: tatabp@tatabp.com
 Web: http://www.tatabpsolar.com/prod_gallery9.html

Tenesol
 Z.A.C. de la Tour, 12-14 allée du Levant
 69890 La Tour de Salvagny, France
 Tel.: +33 (0)4 78 48 88 50
 Fax: +33 (0)4 78 19 44 83
 E-mail: standard@tenesol.com
 Web: <http://www.tenesol.com/en/>

A.Y. MacDonald Manufacturing
 Company
 4800 Chavenelle Road, Dubuque,
 IA 5200, USA.
 Tel: +1 319 583 7311
 Fax: +1 319 588 0720
 Web: www.aymcdonald.com

Grundfos International A/S
 Poul Due Jensens Vej
 7, Bjerroingbo, DK-8850 Denmark
 Tel: +45 86 68 1400
 Fax: +45 86 68 0468
 Web: www.grundfos.com

Este documento fue actualizado por última vez en 2010 en base a la información suministrada por Michel Maupoux, de Green Empowerment, quién instaló bombas solares de agua en Nicaragua y las Filipinas.

Practical Action
 The Schumacher Centre for Technology and Development
 Bourton-on-Dunsmore
 Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ
 Reino Unido
 E-mail: inforsew@practicalaction.org.uk
 Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Soluciones Prácticas
 Apartado Postal 18-0620
 Lima 18
 Perú
 Teléfonos: (511) 447-5127,
 444-7055, 446-7324
 E-mail: info@solucionespracticas.org.pe
 Website: www.solucionespracticas.org

Soluciones Prácticas es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas.

No ponemos en primer lugar a la tecnología, sino a las personas. Las herramientas pueden ser simples o sofisticadas, pero proveen respuestas apropiadas, prácticas y de largo plazo; deben estar firmemente bajo el control de las poblaciones locales; son ellas quienes les dan forma y las utilizan para su propio beneficio.