

E41 - Las bombas solares

4 de diciembre de 2013



1) ¿En qué consiste ?

En bombear agua, incluso a grandes volúmenes, sin gastos energéticos, gracias a una bomba que funciona con energía solar.

2) ¿Quién utiliza principalmente este medio y desde cuándo ?

Las células fotovoltaicas que permiten transformar la energía solar en eléctrica no comenzaron a utilizarse con éxito hasta la década de 1970.

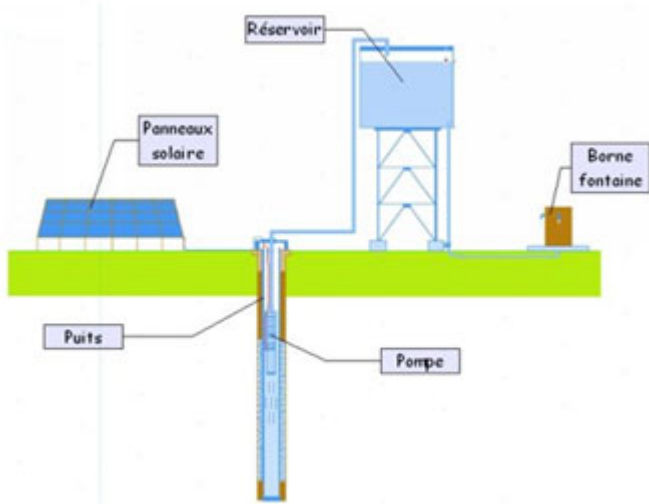
3) ¿Por qué ?

Esta energía tiene unos costes de mantenimiento reducidos (limitados por lo general a la limpieza de la bomba) y no necesita ningún aporte de combustible externo (petróleo, electricidad). Además, la vida útil del sistema fotovoltaico es relativamente larga (20 años), superando a la de la bomba propiamente dicha (a menudo inferior a 10 años).

4) ¿Quiénes son los principales interesados ? Lugares o contextos en los que este medio parece el más adecuado

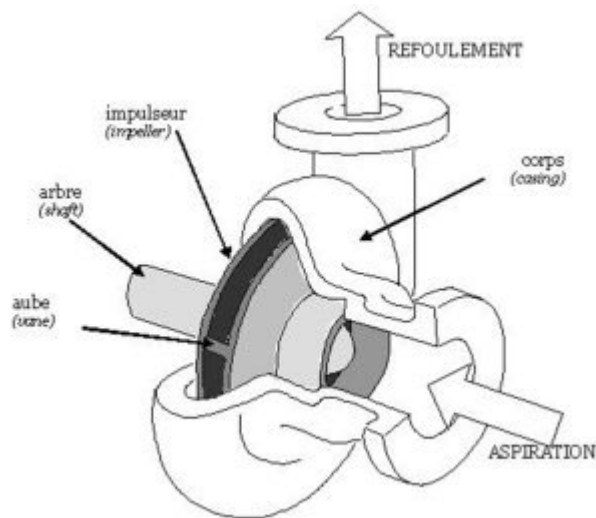
Esta tecnología está especialmente adaptada a los medios rurales del África sahariana. En esta región la insolación es abundante (más de 5 horas de insolación máxima), los recursos hídricos subterráneos son importantes, el aislamiento de las aldeas rurales dificulta en ocasiones su abastecimiento con energías tradicionales (petróleo, electricidad) y las necesidades de agua son lo suficientemente bajas como para cubrir las con una bomba solar.

5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en práctica ?



Fuente : ADEME

Las bombas de agua solares son máquinas que funcionan a través de un motor eléctrico cuya energía procede de células fotovoltaicas dispuestas en paneles solares y que captan la energía luminosa del sol. A menudo, están conectadas con un depósito que alimenta una minirred de agua o fuentes. En general son bombas centrífugas impelentes o aspirantes-impelentes.



Esquema de una bomba centrífuga - Fuente : Wikipedia
Principio de funcionamiento de una bomba centrífuga

Debido al efecto de rotación del motor, el fluido es aspirado axialmente hacia el cuerpo de la bomba, donde se acelera radialmente en el álabe antes de su descarga. El árbol es puesto en movimiento por un motor eléctrico.

¿A qué se llama efecto fotovoltaico ?

Es la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica mediante células fotovoltaicas. Estas últimas se fabrican a partir de silicio, cuya pureza y estado (monocristalino, policristalino, amorfo) influyen notablemente en su rendimiento y su coste. Las células están conectadas entre sí y se disponen en paneles solares.

Figura 2 : Esquema de una bomba centrífuga (fuente : Wikipedia).

Tipos de motores

Existen diferentes tipos de motores, de corriente continua o alterna ; cada categoría cuenta, además, con numerosas opciones. Entre los motores de corriente continua, los mejor adaptados al bombeo variable en función de la insolación son los motores serie con bobinado electromagnético. Pero la **elección de motores de corriente alterna** para el bombeo mediante energía fotovoltaica **parece imponerse** cada vez más (motor de bajo coste ; mayor eficacia gracias a los onduladores solares, que justifican su coste adicional y, por tanto, el hecho de que sean caros).

Modalidades de utilización de una bomba centrífuga alimentada por una célula fotovoltaica

La radiación solar no es una fuente de energía estable o fácilmente previsible. Existen dos tipos de soluciones para paliar este problema :

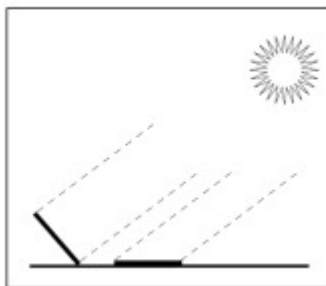
- El sistema de « **bomba con batería** », en el cual una parte de la energía se almacena en una batería.
- El denominado sistema de « **bomba con desplazamiento paralelo al del sol** ». Es el más frecuente ; en él se conecta la bomba a un depósito que actúa como reserva, ya que las baterías cuestan caras y es poco habitual que duren más de 2 o 3 años.

Instalación de la bomba. Mantenimiento

Requiere la intervención de especialistas y, en consecuencia, la presencia de estos últimos en las proximidades. El mantenimiento es bastante sencillo y poco costoso. Para asegurarse de que la utilización de la bomba sea correcta, de su buen mantenimiento y de la seguridad de la instalación, sobre todo con el fin de limitar los riesgos de robos o deterioro importantes, es necesario garantizar la existencia de un comité de gestión de la bomba o del punto de agua, o crear uno.

6) Dificultades especiales y medidas de precaución a tomar

Un plan incliné capte plus de rayonnement qu'un plan horizontal



Fuente : Le Pompage Photovoltaïque

La potencia óptima de la célula es prácticamente proporcional a su iluminación. El valor máximo de esta última es de 1 kWh/m².

Por tanto, las horas de insolación máxima constituyen un criterio importante para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

Los valores de insolación diarios suelen proporcionarse en forma de medias mensuales para las latitudes e inclinaciones de lugares concretos.

La intensidad es máxima cuando los paneles se inclinan de manera que su posición sea perpendicular a los rayos solares.

Idealmente, el ángulo de inclinación de los paneles solares debería modificarse de manera constante a lo largo del día. Desde un punto de vista práctico, la radiación anual captada es máxima si los paneles **están inclinados en un ángulo igual a la latitud.**

La temperatura de utilización también afecta al rendimiento de la célula solar (sobre todo a nivel de tensiones). Esto se traduce en una bajada de rendimiento de alrededor del 0,4 %/°C (las curvas que muestran las características de estos sistemas suelen realizarse a 25 °C).

Fuente : Le Pompage Photovoltaïque

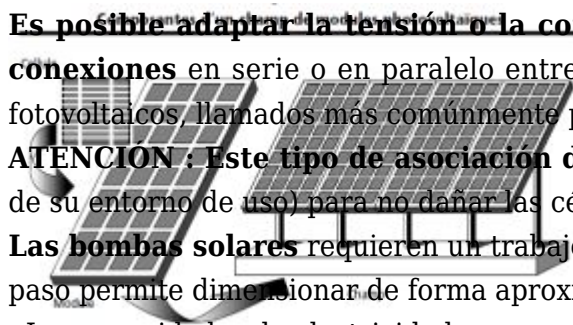
Es posible adaptar la tensión o la corriente producidas por un sistema fotovoltaico mediante conexiones en serie o en paralelo entre las células fotovoltaicas, formando los denominados módulos fotovoltaicos, llamados más comúnmente paneles solares.

ATENCIÓN : Este tipo de asociación debe realizarse con precaución (estudio a fondo del módulo y de su entorno de uso) para no dañar las células de modo permanente.

Las bombas solares requieren un trabajo bastante preciso de dimensionamiento de la bomba. Un primer paso permite dimensionar de forma aproximada el sistema, estimando :

- Las necesidades de electricidad.
- La insolación.
- El campo fotovoltaico necesario.

Para obtener más detalles sobre el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico sin batería, conviene consultar el capítulo 7 de la segunda parte de la siguiente obra (las referencias completas aparecen



recogidas al final de la ficha) : *Le Pompage Photovoltaïque - Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens.*

7) Ventajas e inconvenientes principales

a) Ventajas

- Estas bombas funcionan a través de una energía renovable limpia, abundante y gratuita.
- Los gastos de mantenimiento de los paneles solares, cuya vida útil es de al menos veinte años, son prácticamente nulos.

b) Desventajas

El coste de inversión es elevado (aunque es probable que tienda a reducirse en el futuro). La instalación requiere la realización de estudios previos precisos y la participación de especialistas, que siguen siendo escasos. Por último, el rendimiento de estas bombas varía en función de la importancia de la insolación, el ángulo de exposición de los paneles y la temperatura.

Los riesgos de robo son importantes. Una compañía (Vergnet) propone instalar los paneles solares en postes de 6 m de altura.

c) Ventajas e inconvenientes más particulares

Bombas fotovoltaicas con batería :

Sus baterías almacenan la energía producida por la célula durante los periodos de insolación para poder restituir esta energía y bombear el agua cuando se desee. Son caras, su duración es escasa, necesitan mucho mantenimiento y pueden sufrir una bajada del rendimiento de entre el 20 y el 30 %, lo que limita considerablemente el interés de esta solución.

Bombas fotovoltaicas « con desplazamiento paralelo al del sol » :

Se trata de una solución fiable y menos costosa que la anterior, pero estas bombas carecen de un caudal constante y no funcionan por debajo de un cierto nivel de iluminación (sobre todo al principio y al final del día). Su rendimiento es menor fuera de la potencia nominal de funcionamiento, por lo que es necesario instalar un adaptador de carga.

8) Coste

1) **Ejemplo citado** en el capítulo 8 de la parte 2 de la obra « **Le Pompage Photovoltaïque - Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens** », **que proporciona los elementos y los pasos** necesarios para realizar un análisis económico :

En este ejemplo de 1998, correspondiente a una bomba solar de tamaño medio situada en una zona con buena insolación (5,5 kWh/m²/día), para un volumen de agua diario de 15 m³ y una población de 1.200 habitantes, el coste de un metro cúbico era de 0,41 dólares.

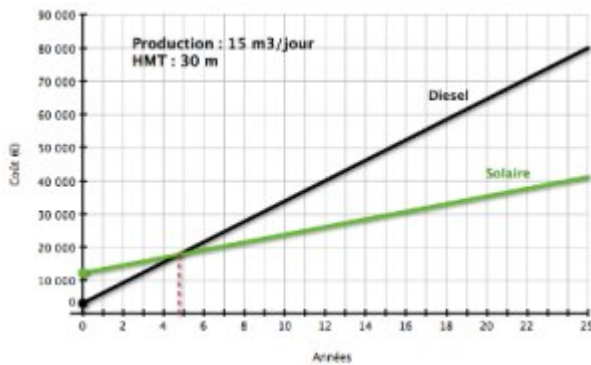
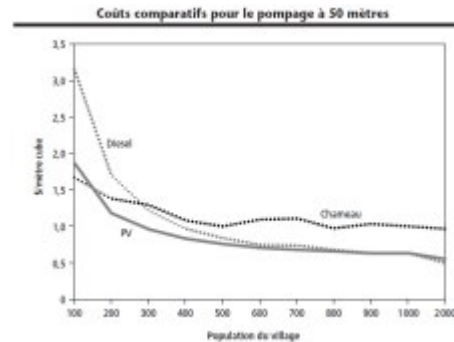
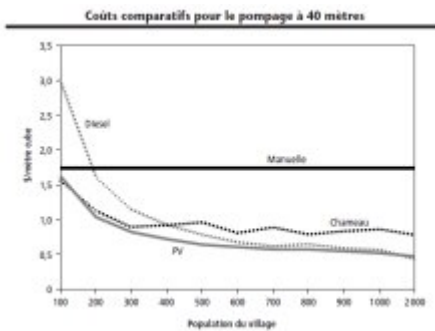
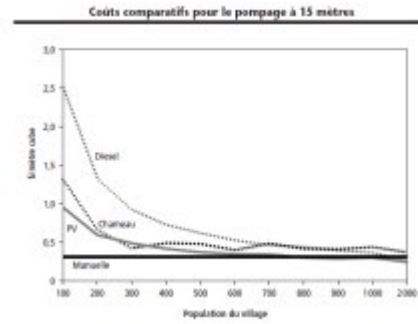
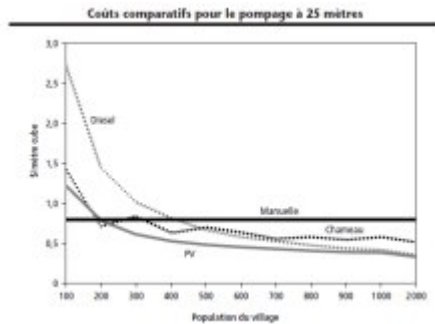
2) **En el extremo sur de Madagascar**, la instalación de sistemas de bombeo y potabilización con energía solar en pozos y perforaciones antiguos de 18 aldeas (17.500 personas) llevada a cabo en 2004 costó 515.000 euros con todo incluido, esto es, 30 euros/persona.



3) **En Senegal**, la instalación en 2007 de una red hidráulica completa (perforación a 70 m, bomba solar, depósito, 3 km de canalizaciones, 6 fuentes + creación de una cooperativa hortícola) en la aldea de Diabal, que contaba con unos 1.000 habitantes, costó 46.000 euros con todo incluido.

4) **Ejemplo de precio unitario** de una compañía (Vergnet) que instala bombas solares colocando los generadores voltaicos en postes de unos 6 m de altura para evitar los robos y el deterioro, muy frecuentes : unos 3.500 euros por sistema capaz de producir 1.000 W (+ unos 1.500 euros por kit de elevación para la instalación de varios generadores y las intervenciones [pluma de maniobra, Tirfor y sacos de aparejos]).

5) Por último, he aquí algunos diagramas, extraídos de la obra mencionada anteriormente, que recogen los costes comparativos para diferentes alturas de bombeo :

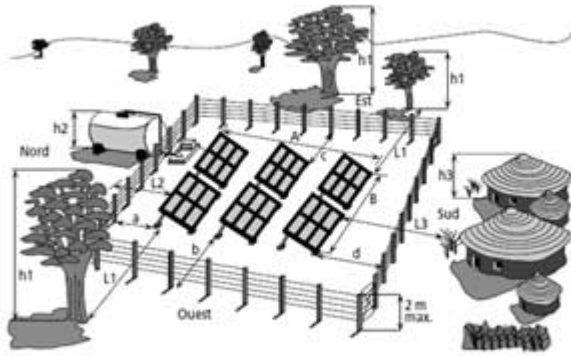


Fuente : EauSolaire

Otro estudio comparativo sobre sistemas diésel y solares concluía ilustrando mediante el gráfico contiguo que **a largo plazo (por encima de 5 años) los costes de instalación y funcionamiento de los primeros son muy superiores a los de los sistemas solares.**

9) Recomendaciones y sugerencias

Positionnement du générateur par rapport aux obstacles



Distance des obstacles à l'ouest ou à l'est :
 $L1 \geq 2 h1$

A continuación se muestra un ejemplo de posible disposición del generador fotovoltaico, siempre según Le Pompage Photovoltaïque - Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens.

Para garantizar la durabilidad de la bomba solar, **es absolutamente indispensable que la comunidad se organice para encargarse de los gastos de intervención a cargo de especialistas externos** en caso de mal funcionamiento del sistema, así como de los gastos regulares derivados del funcionamiento de la bomba.

Distances des obstacles au nord et au sud

Latitude	Nord	Sud
0 à 10°	$L_2 \geq 0,4 h_2$ ou ≥ 2 m	$L_1 \geq 0,7 h_1$
10 à 20°	$L_2 \geq 0,25 h_2$ ou ≥ 2 m	$L_1 \geq 1,0 h_1$
20 à 30°	$L_2 \geq 2$ m	$L_1 \geq 1,4 h_1$
30 à 40°	$L_2 \geq 2$ m	$L_1 \geq 2,0 h_1$
40 à 45°	$L_2 \geq 2$ m	$L_1 \geq 3,3 h_1$

Distances des clôtures
(hauteur max. 2m)

Latitude	a = 1 m	b = 2,5 m	c = 2,5 m
	d		
0 à 10°	0,9 m		
10 à 20°	1,3 m		
20 à 30°	1,9 m		
30 à 40°	2,8 m		

10) Ejemplo de implementación



Además de los ejemplos facilitados en el capítulo dedicado a los costes, se pueden citar :

- El de la ONG Aqua Viva, que desde los años 90 había instalado 300 bombas solares en Malí, las cuales continúan funcionando.
- El de la Fundación Veolia (foto adjunta en Malí), que desde el año 2007 ha financiado varios sistemas de abastecimiento de agua por bombeo solar en numerosas aldeas, sobre todo de Burkina Faso y Malí, con la particularidad de

haber permitido la obtención de la certificación de reducción del carbono prevista por el protocolo de Kioto gracias a la disminución de los gases de efecto invernadero.

11) Dónde encontrar más información y bibliografía

a) Páginas Web

- **PS EAU** (Programme Solidarité Eau Paris) "Pompage solaire. Un guide pour mieux connaître cette option."

Muy interesante documento ilustrado de 43 paginas que describe muy bien los diversos aspectos de questo procedimiento on line on :
www.pseau.org/outils/ouvrages/ps_eau_arene_le_pompage_solaire_2015.pdf

- **Wikipedia**. Capítulo de « **Energía solar** » que recoge los diversos tipos existentes. Disponible (online) en :

- **EauSoleil**. « **Pompage solaire** ». Artículo corto disponible (online) en :
<http://www.eausoleil.org/site/pompa...>

- **ADEME** (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie). « La production d'eau potable avec

une pompe photovoltaïque ». Manual ilustrado de 48 páginas que describe el principio de funcionamiento, su instalación y su funcionamiento. Disponible (online) en : <http://www.pseau.org/outils/ouvrage...>

- **Acción contra el hambre. Documento sobre el bombeo que incluye tres páginas dedicadas a las bombas solares.** Disponible en <http://www.watersanitationhygiene.o...>

- **Instituto Saint Joseph-Hasparren. BOMBEO FOTOVOLTAICO** en una aldea senegalesa (Sad) <http://www.st-joseph-hasparren.fr/pompage-photovoltaique>

- **Compañía CIPCSP. Documento de 4 páginas sobre el bombeo solar fotovoltaico** con desplazamiento paralelo al del sol (esquema de funcionamiento, componentes del sistema, dimensionamiento, rendimiento, etc.). Disponible (online) en : www.cipcsp.com/tutorial/pomp...
www.energies-renouvelables.o...

- **GRDR.** Resúmenes de conferencias sobre el interés, la elección y la instalación de bombas solares : <http://energies-nouvelles-entrepris...>
<http://energies-nouvelles-entrepris...>
<http://energies-nouvelles-entrepris...>
S...

b) Vídeos

- **YouTube.** « **Solar Water pumping system installation in a water well** », vídeo de 6' que muestra cómo instalar una bomba solar en un pozo - Bomba Rubinson ; coste total de 1.300 euros. http://www.youtube.com/watch?v=_XsJ...

- **YouTube.** « **Solar Water Pump in Pakistan** ». **Vídeo de 4' en el que aparece una gran bomba solar** de Intersolartechnics, que ofrece un caudal de 60 m³/h - <http://www.youtube.com/watch?v=6P4v...>

c) Bibliografía

- **Título** : Le Pompage Photovoltaïque - Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens.

Autores : Dirección a cargo de Eric SCHILLER ; redacción de Jimmy ROYER, Thomas DJIAKO, Eric SCHILLER y Bocar

SADASY. **Publicación** : 1998. 254 páginas. **ISBN** 2-89481-006-7

- **Título** : « Le guide pratique d'installation du solaire photovoltaïque à l'usage des techniciens et ingénieurs ». Autor : Jean-Paul Louineau. Manual de 150 páginas publicado por ediciones Eyrolles.

<http://www.eyrolles.com/BTP/Livre/g...>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Distribuir >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e41-las-bombas-solares>