

ENERGÍA SOLAR EN LA GESTIÓN DEL AGUA ¹

Emilio Gudemos

Laboratorio de Baja Tensión – Dpto. Electrotecnia
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba – Argentina

1.-Trabajo Presentado en el 1º Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Abril, 2006. Córdoba - Argentina

Introducción

Dada la necesidad de fuentes energéticas limpias, no contaminantes de bajo impacto ambiental y a la vez renovable, es que los sistemas solares fotovoltaicos cumplen un papel preponderante en la provisión de energía eléctrica.

En la mayoría los países en vías de desarrollo la energía eléctrica convencional no está aún disponible en vastas regiones aisladas. La construcción y el mantenimiento de redes de distribución resulta onerosa, por lo menos hasta la actualidad. Lo mismo ocurre con los grupos electrógenos.

En las regiones rurales dispersas generalmente las necesidades energéticas son pequeñas y existe una baja densidad poblacional en donde los usuarios potenciales están ampliamente diseminados.

En las condiciones mencionadas los generadores solares fotovoltaicos resultan una solución fiable para el desarrollo rural, suministrando energía eléctrica destinada a bombeo y al tratamiento de agua en cualquier sitio y en cantidades razonables, facilitando el consumo humano y animal, riego, impulsando el desarrollo socio-económico de áreas rurales alejadas.

La provisión de electrificación rural destinada a iluminación, bombeo de agua, aparatos electrodomésticos brinda mejores condiciones de vida, facilitando las comunicaciones y el acceso a la información, proveyendo de infraestructura básica necesaria para el afincamiento y arraigo de pobladores, evitando de manera notable la emigración a los grandes centros urbanos.

Generadores Fotovoltaicos

La energía solar Fotovoltaica, se basa en la conversión de la radiación solar lumínica en electricidad de corriente continua mediante las celdas fotovoltaicas.

Los módulos solares son el conjunto de celdas conectadas entre sí y ensambladas con las debidas protecciones para los agentes climáticos, un marco metálico de aluminio anodizado le proporciona rigidez mecánica, facilitando su montaje en estructuras soportes.

Las principales ventajas de los sistemas solares Fotovoltaicos son:

- No requiere el tendido de Líneas de transmisión.
- La energía se produce en el lugar donde se utiliza.
- No consume combustible.
- No tiene partes mecánicas en movimiento, ni sometidas a desgaste.
- Son totalmente silenciosos.
- Resiste condiciones extremas de viento, granizo, temperatura y humedad.
- La vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a los veinte años en condiciones normales de uso.
- Es modular, lo que permite aumentar la potencia instalada sin interrumpir el funcionamiento del generador.
- Alta confiabilidad y mínimo mantenimiento
- Independencia en cuanto a la provisión.

Sistema de Bombeo de Agua

Componentes

Un sistema de bombeo de agua energizado por generador fotovoltaico está constituido por los siguientes componentes:

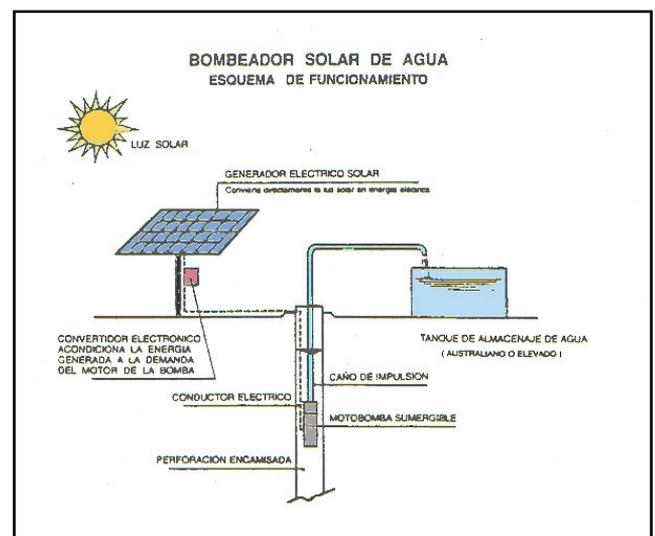


Fig. 1. Esquema de funcionamiento

Generador Solar Fotovoltaico

Está constituido por uno o más módulos solares fotovoltaicos en un arreglo (conexión) que

proporcione los parámetros eléctricos correspondientes a la bomba a utilizar. Generalmente los módulos constan de celdas de silicio mono o policristalino, con cubierta de vidrio templado con bajo contenido de hierro y excelente resistencia a las inclemencias atmosféricas.

La cantidad de módulos conectados en serie está en relación directa con la tensión de trabajo del sistema.

La cantidad de ramas en paralelo necesaria se calculan de acuerdo a la corriente eléctrica que consumirá la electro bomba a instalar.

La estructura soporte debe estar constituida por materiales aptos para intemperie (aluminio anodizado, hierro galvanizado, etc.). El ángulo de inclinación estará en consonancia con la latitud del lugar de emplazamiento.

Convertidores

En los sistemas con motores de corriente alterna, se debe convertir la corriente continua suministrada por el generador fotovoltaico en corriente alterna.

Regulador del Punto de Máxima Potencia

Sirve para acoplar las variaciones de la carga de la bomba al generador solar. Cuando los módulos fotovoltaicos funcionan con carga, ésta determinará el punto de operación correspondiente.

Por lo general el punto de operación no corresponde al Punto de Máxima Potencia que el generador solar puede suministrar. Es por ello que la eficiencia total se degrada como consecuencia de que no se aprovecha completamente la potencia suministrada.

Empleando este sistema en conexión con un convertidor (c.c./c.a.) se regulan la corriente y la tensión, de tal manera que, para cada valor de carga, el punto de operación quede en el Punto de Máxima Potencia.

De esta forma se incrementa la eficiencia y se emplea mejor la instalación

Motor Eléctrico

En general se pueden utilizar motores de c.c. pero en la práctica los motores trifásicos son los empleados en instalaciones de mayor capacidad.

Electro bomba

En mercado existen unidades motor-bomba en forma completa e integrada en diseños que se diferencian por su diámetro, altura de elevación y caudal.

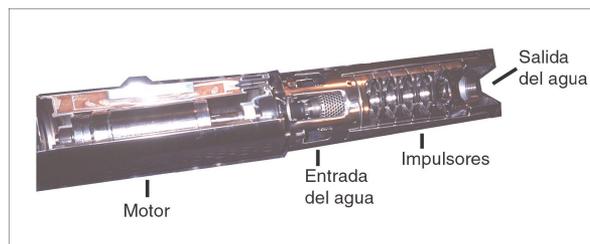


Fig. 2 Corte de electro bomba Grundfos

Tuberías

En las tuberías se originan pérdidas por rozamiento, estas deben ser consideradas en todo el sistema como una función del caudal. Es evidente que las pérdidas por fricción en las tuberías se incrementan de manera proporcional al caudal. Por tal motivo se recomienda seleccionar un diámetro adecuado para que las pérdidas sean mínimas.

Griferías

La constituyen los hidrómetros (contadores de cantidad de agua), codos, las curvas, uniones, reducciones y las válvulas

Tanque de Almacenamiento

Las baterías como elementos de almacenamiento de energía eléctrica ocasionan gastos de provisión y mantenimiento y además tienen una determinada vida útil, dependiente de la cantidad de ciclos de cargas-descargas.

Por tal motivo en los sistemas de bombeo fotovoltaico, se emplean configuraciones independiente de las baterías, alimentando directamente las electro bombas y almacenando el agua bombeado durante las horas de insolación adecuada.

Metodología de Cálculo

Con el objetivo de lograr un diseño óptimo del sistema después de conocer las características de los componentes, es necesario establecer una metodología de cálculo que permita ejecutar la simulación de los procesos con la mayor fidelidad posible, reflejando el comportamiento de la tecnología seleccionada para integrar la instalación. [1]

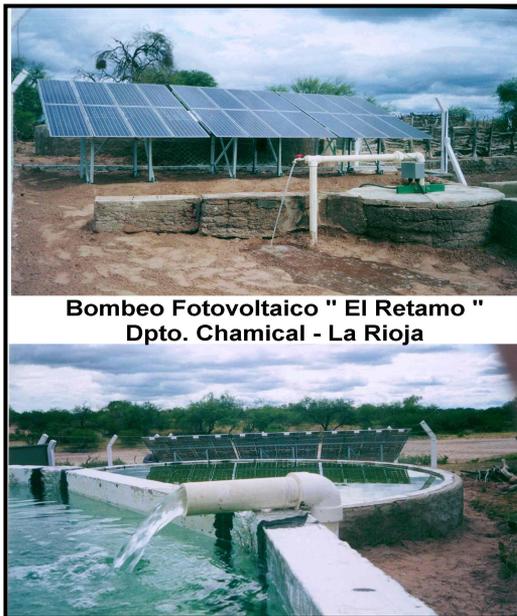


Fig. 3. Sistema de bombeo Fotovoltaico

Cada empresa proveedora de módulos fotovoltaicos y de bombas ha desarrollado curvas de rendimientos y catálogos que permiten calcular distintos sistemas de bombeo fotovoltaico.

Se describe sintéticamente los pasos a seguir.

1. Datos de ubicación geográfica (Continente, país, localidad). Especificando la localización mediante coordenadas (Latitud y Longitud).
2. Se seleccionan los datos de Insolación para cada mes (medida diaria de la insolación). La Insolación corresponde al valor acumulado de la irradiancia en un tiempo dado. El tiempo se mide en Horas, la Insolación se expresa Watts-hora por metro cuadrado ($W\cdot H/m^2$). Este valor se reporta como una acumulación de energía que puede ser horaria, diaria, estacional o anual. La Insolación también se expresa en términos de Horas solares pico, una hora solar pico es equivalente a la energía recibida durante una hora a una irradiancia promedio de $1\text{ Kw}/m^2$ la energía que produce un panel fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe

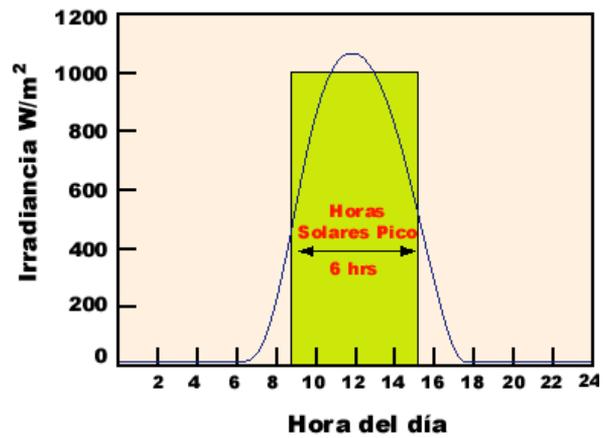


Fig. 4. Irradiancia y horas solares pico (insolación) [2]

3. Selección del sistema fotovoltaico y control de potencia (con utilización o no de baterías).
4. Selección de montaje (estructura soporte) fijo ó móvil.



Fig. 5. Estructura Soporte de Panel Fotovoltaico de 24 Módulos [3]

5. Requerimiento de agua diaria en distintas estaciones del año. Previo a determinar la potencia del sistema fotovoltaico y el tipo de bomba a emplear, se debe conocer las necesidades de agua diaria y algunos valores relacionados a las condiciones hidráulicas de una estación de bombeo. La potencia del generador está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen de agua diario necesario. El producto se denomina Ciclo Hidráulico. La Carga Dinámica total es la suma de la carga Estática (CE) y la Carga Dinámica (CD)

$$CDT = CE + CD$$

= (Nivel estático + altura de carga) + (abatimiento + fricción)

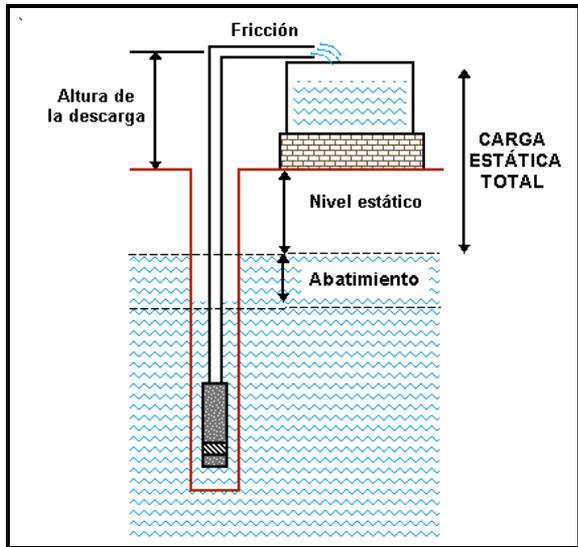


Fig. 6. Componentes hidráulicos de un sistema de Bombeo

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la tubería de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la carga dinámica de la siguiente manera.

Fórmula de Manning

Este es un método matemático que se puede realizar fácilmente con una simple calculadora. La fórmula de Manning se expresa así:

$$H_f = K \times L \times Q^2$$

Donde:

H_f es el incremento en la presión causada por la fricción y expresada en distancia lineal (m).

K es una constante empírica con unidades de (m³/s)⁻²

L es la distancia total recorrida por el agua por las tuberías. Su unidad es metros (m).

Q es el flujo expresado en metros cúbicos por segundo (m³/s).

La constante **K** se obtuvo después de experimentar con varios materiales y tamaños de tuberías de ahí que se denomine "empírica". Existen tablas que proporcionan estos valores de **K** en (m³/s)⁻² para tuberías de plástico PVC y acero galvanizado. [2]

6. Selección del tipo de bomba más adecuada para cada implantación (donde figuran tensión de trabajo, profundidades óptimas de trabajo). Para esto nos valemos de las curvas proporcionadas por los fabricantes.

Gama de trabajo

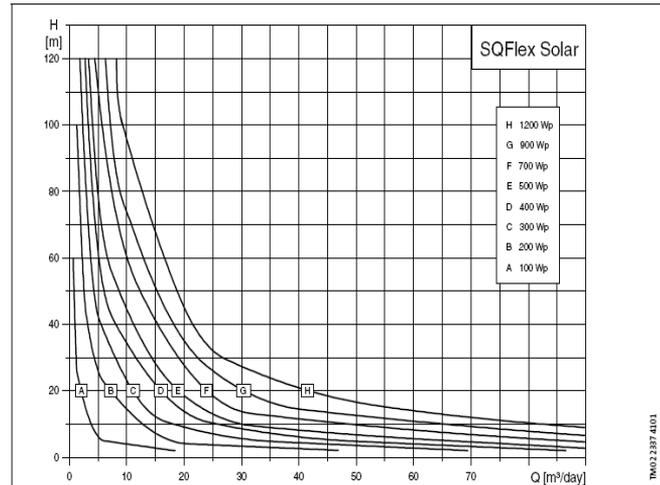


Fig. 7. Curva rendimiento de Bomba Grundfos SQ Flex

7. Elección de los módulos fotovoltaicos (de acuerdo a potencia suministrada)
8. Determinación del ángulo de mayor insolación, inclinación del panel de acuerdo a los datos de insolación (ángulos óptimos para cada mes)
9. Finalmente se obtiene la insolación de acuerdo al ángulo elegido.
10. Se elabora un reporte definitivo en el que consta:
 - El tipo de generador determinado (cantidad de módulos),
 - Modelo de bomba,
 - Cantidad de agua a obtener de acuerdo al ángulo de inclinación y la radiación solar de la zona.

Aspectos Económicos

Comparación de alternativas de bombeo

Por su relativamente alto costo inicial, los sistemas Fotovoltaicos generalmente no son competitivos en sitios con servicio de energía eléctrica de red. Cuando no hay acceso a la red eléctrica, los sistemas solares y los grupos electrógenos son seguramente las alternativas más viables.

Si existe un buen recurso solar en el lugar de instalación como mínimo 3.0 horas pico) y cuando se requiere un ciclo hidráulico menor que 1,500 m³ por día, los sistemas solares podrían

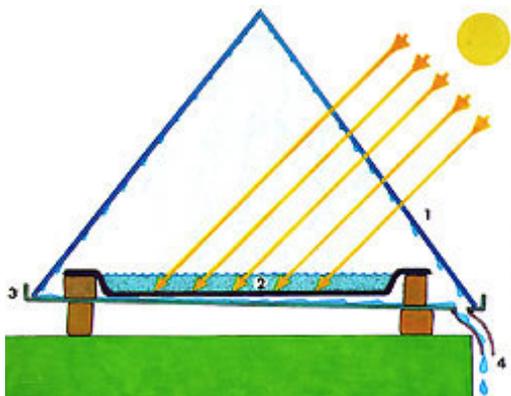
resultar más económicos a largo plazo que los sistemas de combustión interna. Aunque los sistemas de combustión interna generalmente cuestan menos inicialmente, su costo a largo plazo es elevado si se toma en consideración los gastos de combustible, mantenimiento y reparaciones. [2]

Tratamiento del Agua

La destilación del agua, es una réplica del mecanismo en que la naturaleza purifica el agua. La Energía del Sol calienta el agua hasta su punto de evaporación. Al evaporarse, el vapor de agua se eleva y se condensa en la superficie del cristal para su recolección. Mediante este proceso, se remueven impurezas tales como sales y metales pesados, y a al vez, se destruyen o eliminan los microorganismos. Los destiladores de este tipo solo requieren energía solar para operar, no tienen partes móviles sujetas a desgastes.

Los destiladores solares eliminan:

- Sales y minerales (Fe, Mn)
- Metales Pesados (Pb, As, Hg)
- Bacterias y Parásitos (E. Coli) [4]



Funcionamiento

La radiación solar atraviesa el metacrilato transparente (1) y calienta el agua sucia contenida en la bandeja negra (2), que se va evaporando. El vapor de agua se condensa en pequeñas gotitas al entrar en contacto con las paredes del invernadero, que están más frías que el ambiente interior del destilador. Estas gotas van resbalando por los laterales inclinados del destilador, yendo a caer en la bandeja de aluminio (3). Esta bandeja de recogida del agua limpia (3) está inclinada, de manera que todas las gotas confluyan en el tubo de salida (4). [5]

Ejemplos de Sistemas Fotovoltaicos destinados a Bombeo de Agua

Se describen a continuación sistemas de Bombeo de Agua energizados con sistemas Fotovoltaicos en Provincia de La Rioja – Rep. Argentina.

Sistema 1

Localidad: El Retamo

Dpto.: Chamental

Datos Solares: Chamental, La Rioja

Lat. Sur: 30:22

Long. Oeste : 66:16

Asnm: 416 m

Montaje de Panel: Fijo

Inclinación de Panel: 30°

Total de Módulos Fotovoltaicos: 32

Serie: 8 ---- Paralelo: 4

Potencia: 1600 Wp.

I. máx.: 7 A

I.cc.: 12,7 A

V.máx.: 136,8 v

V. en vacío: 168,8 v

Bomba: Grundfos SA 1800/SP5A-7

Total perforación: 28 m.

Performance Estimada

| Mes | kWh/m ² | Bombeada m ³ |
|-----------|--------------------|-------------------------|
| Enero | 5,33 | 30,31 |
| Febrero | 5,76 | 34,12 |
| Marzo | 4,68 | 27,01 |
| Abril | 4,41 | 25,79 |
| Mayo | 3,31 | 18,49 |
| Junio | 2,57 | 12,77 |
| Julio | 3,19 | 18,10 |
| Agosto | 4,63 | 28,51 |
| Setiembre | 4,37 | 25,42 |
| Octubre | 5,49 | 33,00 |
| Noviembre | 5,89 | 34,78 |
| Diciembre | 5,54 | 31,75 |



Sistema 2

Localidad: Torrecitas

Dpto.: General Ocampo

Datos Solares: Chamental, La Rioja

Lat. Sur: 30:22

Long. Oeste : 66:16

Asnm: 416 m

Montaje de Panel: Fijo

Inclinación de Panel: 30°

Total de Módulos Fotovoltaicos: 32

Serie: 8 ---- Paralelo: 4

Potencia: 1600 Wp.

I. máx.: 7 A

I.cc.: 12,7 A

V.máx: 136,8 v

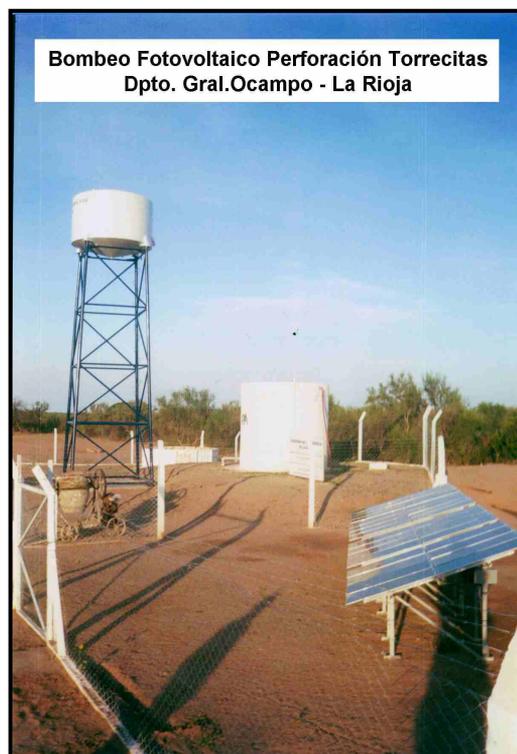
V. en vacío: 168,8 v

Bomba: Grundfos SA 1800/SP5A-7

Total perforación: 33 m.

Performance Estimada

| Mes | kWh/m ² | Bombeada m ³ |
|-----------|--------------------|----------------------------|
| Enero | 5,33 | 23,69 |
| Febrero | 5,76 | 27,40 |
| Marzo | 4,68 | 21,02 |
| Abril | 4,41 | 20,37 |
| Mayo | 3,31 | 13,61 |
| Junio | 2,57 | 9,03 |
| Julio | 3,19 | 13,43 |
| Agosto | 4,63 | 23,02 |
| Setiembre | 4,37 | 19,87 |
| Octubre | 5,49 | 26,34 |
| Noviembre | 5,89 | 28,02 |
| Diciembre | 5,54 | 25,05 |



Prueba de Sistema en Laboratorio

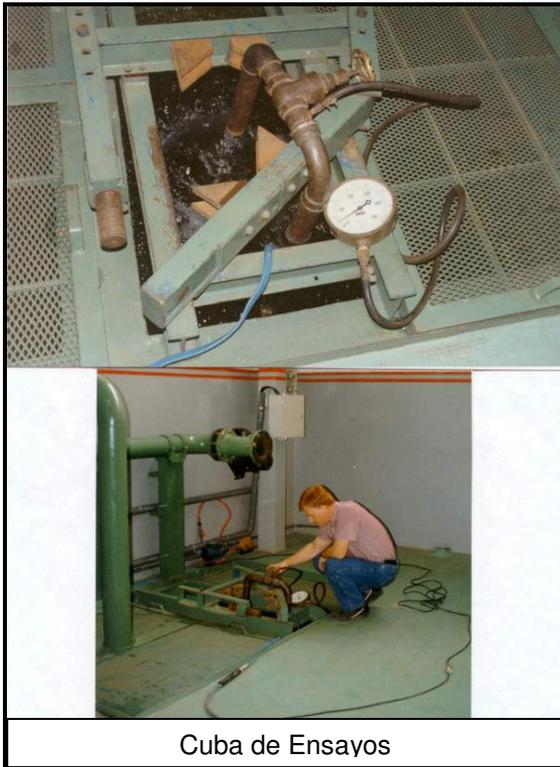


Medición de panel



Prueba de Equipo de Control





Cuba de Ensayos



Conclusión

La Asamblea Mundial de las Energías Renovables 2005 celebrada en Bonn (Alemania) finalizó sus sesiones con la adopción de una declaración final titulada "El Derecho Humano a la Energía Renovable".

El Derecho Humano a la Energía Renovable "Todos los seres humanos nacen iguales en dignidad y derechos". Este primer artículo de la Declaración Universal de los Derechos Humanos articula un compromiso básico. Sólo respetando este compromiso se puede asegurar una vida humana en paz.

La energía es el prerequisite fundamental de cada vida humana. La disponibilidad de energía es un derecho humano fundamental e indivisible. La experiencia del siglo XX demuestra que los sistemas de suministro energético establecidos, que se basan principalmente en los combustibles fósiles y la energía nuclear, no son capaces de garantizar este derecho humano a cada persona del planeta. El derecho humano a la energía se viola cotidianamente miles de millones de veces. Debido al agotamiento de las fuentes de energía convencionales y a los daños ambientales y climáticos asociados a su uso, este derecho no puede garantizarse a un número siempre creciente de personas. El derecho humano a la energía sólo puede garantizarse mediante las energías renovables.

Referencias

- [1] Bombeo de Agua Mediante Energías Alternativas Gudemos – Calderón. Revista Mediterránea Ingeniería & Tecnología. Nº 21
- [2] Sandia National laboratories
- [3] Obras de Estudio Integral de Ingeniería – Energías Alternativas – Electricidad Integral
- [4] Santana – Foster. Experiencias en el uso de destiladores solares
- [5] Destilador solar de dos vertientes. Terra Org

Bibliografía:

Quadri, Néstor P. Energía Fotovoltaica –Editorial Alsina.
Catálogo Técnico Grundfos.