

# ALTERNATIVA PARA LA EXTRACCION DE AGUA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR

V. RODRIGO, J. DIGENNARO, S. RIBOTTA, R. MONASTEROLO and A. FASULO

Laboratory of Alternative Energy - National University of San Luis  
Avda. 25 de Mayo 384 7530 Villa Mercedes - San Luis - Argentina  
Fax: 0054 2652 430224 - e-mail: rodrigo@fices.unsl.edu.ar - afasulo@unsl.edu.ar

## RESUMEN

Un nuevo dispositivo para la extracción de aguas subterráneas es presentado en este trabajo. El dispositivo es una bomba neumática que será accionada mediante paneles fotovoltaicos. El sistema: Bomba neumática y paneles fotovoltaicos constituye una alternativa a los actuales sistemas constituidos por bomba sumergida, accionada con molinos de viento, que disponen en la actualidad las regiones alejadas de las redes de provisión de energía eléctrica. La principal ventaja del sistema propuesto radica en su bajo costo de mantenimiento. Presentamos el principio de funcionamiento, el modelo demostrativo construido y los resultados experimentales. Estos resultados ponen de manifiesto la factibilidad de llevar a cabo la propuesta, con las ventajas enunciadas. Por sus características, materiales comunes, tecnología sencilla se concluye que el dispositivo podría ser aplicado en otras regiones del planeta que presentan problemática similar.

## INTRODUCCIÓN

Villa Mercedes (San Luis), está ubicada al centro oeste de la Argentina. Se encuentra en la zona de transición entre la pampa seca, al este, y el desierto que se extiende hacia el oeste hasta la cordillera de los andes. Esta región posee una población rural dispersa que se dedica a los cultivos extensivos y a la ganadería. Requiere extraer aguas subterráneas para el ganado y los propios habitantes rurales. Esta se encuentra a una profundidad promedio de unos 60-80 metros. El acceso a los sistemas convencionales de energía, eléctrico por red o transporte de combustibles no es rentable. Uno de los actuales métodos empleados son los molinos eólicos. Estos están constituidos por una bomba para la extracción sumergida en la perforación, cilindro con pistón, juntas de cuero y varillas extremadamente largas para mover el pistón. Por estas características presentan importantes desventajas en el momento de efectuar su reparación o mantenimiento. El costo es en consecuencia elevado y esto trae como resultado numerosos casos de abandono de la instalación y con ello de la actividad.

La finalidad de este trabajo es presentar una alternativa para el suministro de agua para zonas aisladas. Con esta alternativa se busca resolver los problemas, que en la región, presenta el uso de los actuales sistemas. Este objetivo se alcanza mediante un novedoso sistema de extracción de agua subterránea, mediante la aplicación de una bomba neumática. La energía para su funcionamiento es aportada por la radiación solar. De manera paralela y conjunta nuestro proyecto de investigación realiza el estudio sobre:

1. **El sistema de bombeo neumático.** Se desarrolló íntegramente, desde la etapa de investigación, diseño, prueba, y ejecución completa del sistema. Se llevaron a cabo continuos desarrollos y modificaciones que han permitido ir mejorando la eficiencia y el alcance de este sistema de extracción de agua a

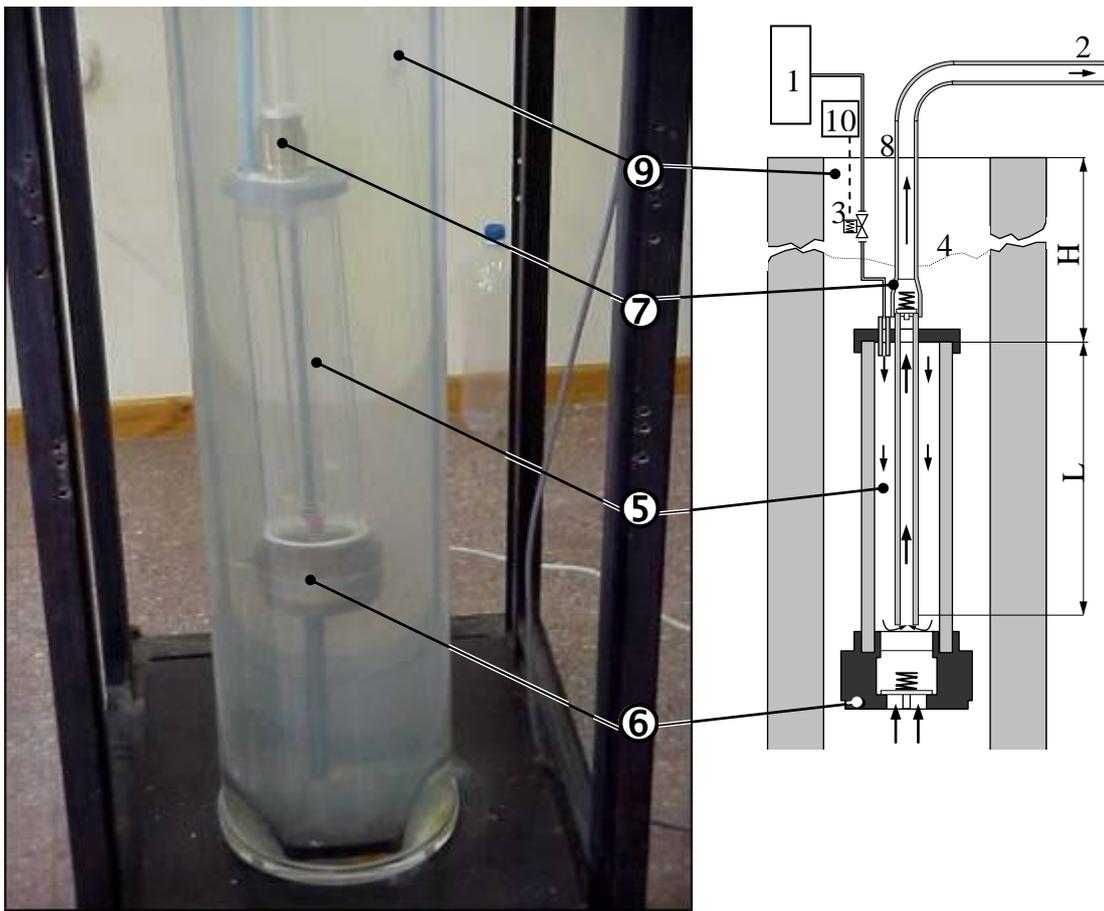
profundidad.

2. **El recurso solar disponible en la zona.** Se determinó la radiación solar global y difusa en valores horarios sobre una superficie inclinada. Luego en función de las necesidades de consumo previstas y de los recursos energéticos se determinó el sistema fotovoltaico necesario. Se efectuó la determinación de costos y la comparación con distintas variantes o alternativas indicando las ventajas y desventajas técnico-económicas para cada caso.

### **BOMBA NEUMÁTICA: Descripción y funcionamiento**

Se trata de un dispositivo para extraer agua a cierta profundidad, por medio de aire comprimido. En la figura 1, la fuente de aire comprimido (1) se comunica por una tubería con la cámara (5) sumergida en el agua. De esta cámara (5), sale otra tubería (2), que se eleva hasta el nivel del terreno comunicándose con la atmósfera. Inicialmente cuando se pone la bomba en funcionamiento, la cámara y la cañería están llenas de agua hasta el nivel estático (4), el agua ingresa a la cámara (5) y a la cañería (2), a través de las válvulas de retención TR1 (6) y TR2 (7) debido a que la electroválvula de dos vías (3) que comunica con la atmósfera está abierta y cerrada la parte que comunica con el aire comprimido.

En determinado instante, se invierte el sentido de la electroválvula, con lo cual la presión del aire comprimido, actúa sobre el agua en la cámara (5) la que es obligada a salir a la cañería (2) a través de TR2 (7). De igual manera la presión cierra la válvula TR1 (6). El agua, por lo tanto, asciende por la cañería (2), mientras descende en la cámara (5), hasta el nivel inferior. Entonces la electroválvula (3) cambia de sentido, se cierra la válvula de retención (7) por el peso del agua contenida en la cañería (2) y se reinicia el ciclo.



**Figura 1.** Foto y croquis de la bomba neumática simple. Donde: (1) Fuente de aire comprimido; (2) Salida de agua; (3) Electroválvula AB; (4) Nivel de agua; (5) Cámara; (6) Válvula de retención TR1; (7) Válvula de retención TR2; (8) Nivel del suelo; (9) Perforación; (10) Control automático de la electroválvula AB.

### **Ensayos y resultados**

Con el primer prototipo descrito se realizaron once ensayos. Los mismos se detallan en la Tabla 1. Luego, utilizando el mismo prototipo se realizaron trece nuevas experiencias, para distintos valores de profundidad

hasta treinta metros, de modo de hacer ensayos, mediciones y observar el funcionamiento de los tiempos de carga y descarga de la cámara en función del nivel del agua de la perforación y presión de trabajo. Con ello se encontró que los tiempos de carga para los distintos parámetros fueron los siguientes: (medido por encima de la parte superior de la cámara)

- **nivel 1** cota 0,00 m – tiempo de carga 3,00 s
- **nivel 2** cota 0,50 m – tiempo de carga 2,50 s
- **nivel 3** cota 1,00 m – tiempo de carga 1,20 s
- **nivel 4** cota 1,50 m – tiempo de carga 1,00 s
- **nivel 5** cota 1,75 m – tiempo de carga 0,90 s

Con estos valores se encontró una disminución considerable de 2,5 seg. Tiempo de carga para cota N°2 con 0,50 m por encima del nivel superior, a un segundo de tiempo de carga para una cota de 1,5 m. Se comenzó a trabajar con el nivel cuatro con cota a 1,50 m con un tiempo de carga de 1 seg y a alturas entre un metro y treinta metros encontrándose que para una misma presión de extracción y altura, un aumento en el caudal de extracción de 750/850 litros de agua por hora con una cámara de 38 cm<sup>3</sup>.

**Tabla 1.** Valores característicos sobre el funcionamiento de la bomba para las primeras once experiencias a una misma cota de 0,5 metros de agua por encima de la bomba.

Donde: H [m]: profundidad; CC [l]: caudal por ciclo; C [l/h]: Caudal; P<sub>t</sub> [atm]: presión de trabajo (relativa); E<sub>c</sub> [W-h]: energía por ciclo; E<sub>l</sub> [W-h/l]: energía por litro; T [seg]: tiempo de cada ciclo; T<sub>p</sub> [seg]: tiempo pasivo de cada ciclo (no se entrega agua) y T<sub>a</sub> [seg]: tiempo activo de cada ciclo (se entrega agua).

#	H [m]	P <sub>t</sub> [atm]	C [l/h]	CC [l]	E <sub>c</sub> [W-h]	E <sub>l</sub> [W-h/l]	T [s]	T <sub>p</sub> [s]	T <sub>a</sub> [s]
1	1,0	0,8	372	0,38	0,093	0,24	3,7	2,5	1,2
2	1,0	1,2	384	0,38	0,098	0,28	3,5	2,5	1,0
3	1,0	1,5	398	0,38	0,102	0,30	3,4	2,5	0,9
4	1,0	2,0	420	0,38	0,123	0,32	3,2	2,5	0,7
5	6,4	1,2	327	0,38	0,143	0,40	3,5	2,5	1,0
6	6,4	2,0	410	0,38	0,176	0,46	3,3	2,5	0,8
7	6,4	3,0	415	0,38	0,200	0,52	3,2	2,5	0,7
8	6,4	4,0	427	0,38	0,186	0,53	2,9	2,5	0,4
9	13	2,0	334	0,38	0,220	0,58	4,0	2,5	1,5
10	13	3,0	384	0,38	0,270	0,71	3,6	2,5	1,1
11	13	4,0	404	0,38	0,310	0,81	3,4	2,5	0,9

**Tabla 2.** Valores característicos sobre el funcionamiento de la bomba para trece experiencias a nivel 2 (N2) y nivel 4 (N4).

	H[m]	P <sub>t</sub> [atm]	C[l/h] N2	C[l/h] N4	E <sub>l</sub> [Wh/l]	T [seg] N2	T[seg]N4	T <sub>a</sub> [seg]
1	1	0,8	372	630	0,24	3,70	2.20	1,20
2	1	1,2	384	684	0,28	3,50	2.00	1.00
3	1	1,5	398	720	0,3	3,40	1.90	0,90
4	1	2	420	804	0,32	3,20	1.70	0,70
5	6,4	1,2	327	684	0,4	3,50	2.00	1.00
6	6,4	2	410	760	0,46	3,30	1.80	0,80
7	6,4	3	415	804	0,52	3,20	1.70	0,70
8	6,4	4	427	977	0,53	2,90	1.40	0,40
9	13	2	334	567	0,58	4.00	2.50	1,50
10	13	3	384	652	0,71	3,60	2.20	1,10
11	13	4	404	720	0,81	3,40	1.90	0,90
12	20	4	330	594	0,75	3.80	2.30	1.30
13	30	6	320	559	0,98	3.95	2.45	1,45

Este aumento en el caudal de extracción, se debe a la disminución de los tiempos tanto de carga como de descarga. Para ello es necesario conocer con exactitud el tiempo de carga de la cámara que está introducida

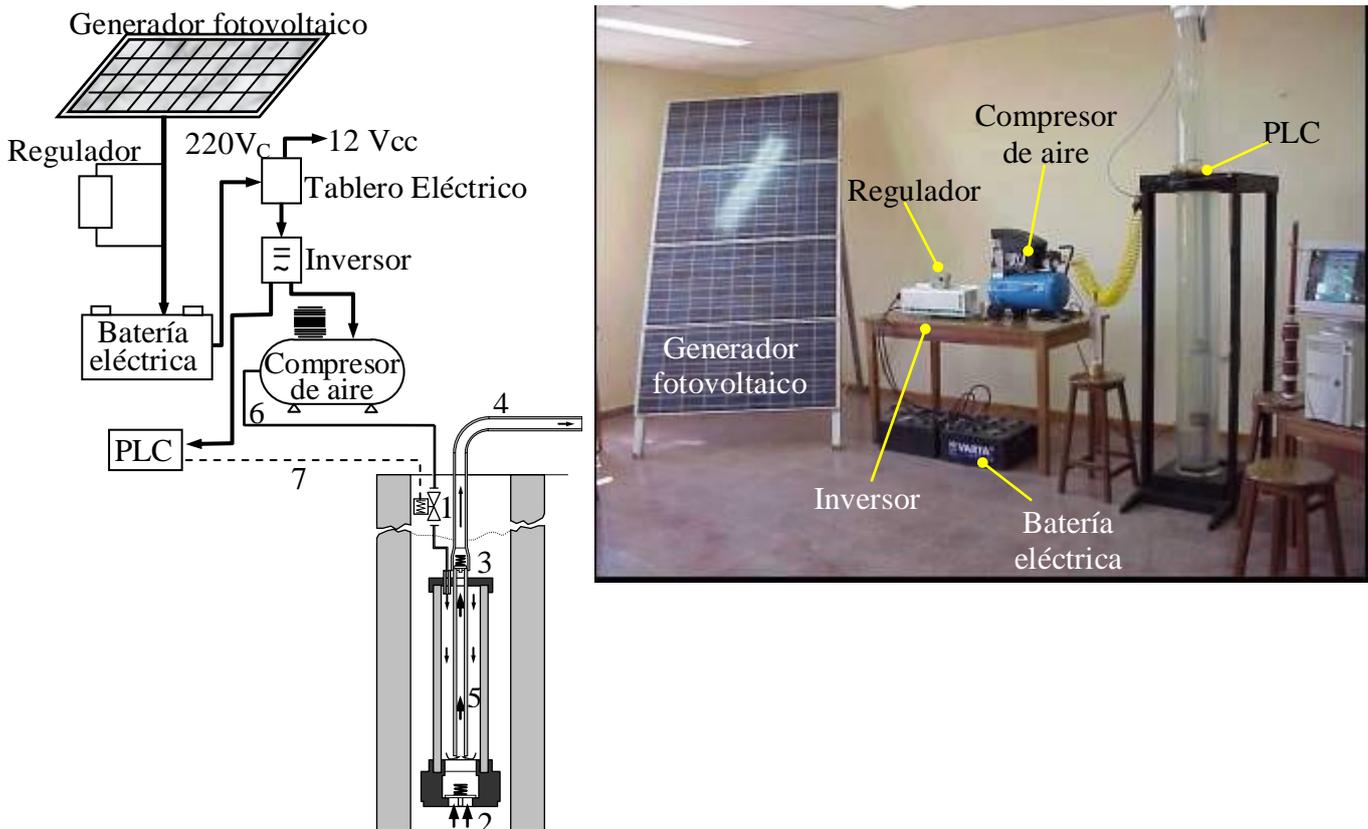
en el agua de la perforación como así también el tiempo de expulsión del mismo, siendo éste también dependiente de la presión del aire comprimido. Con estos valores se programa un controlador lógico programable (PLC marca SIEMENS LOGO 230RC 6 entradas 4 salidas) para que comande la electroválvula. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para diversas experiencias.

### Ventajas y conclusiones de la bomba

La principal ventaja de la bomba, es la de no tener partes complejas o móviles sumergidas, salvo dos simples válvulas de retención. Su parte más compleja es el compresor que está ubicado a nivel del suelo, por lo cual es muy accesible para su mantenimiento. Su estructura es muy simple y también su funcionamiento. La primera y principal conclusión de los ensayos es que la bomba en su conjunto funciona correctamente en todas sus partes, de acuerdo a lo previsto. De los ensayos, surge también, que sumergiendo más la cámara, se reduce el tiempo de carga y se consigue aumentar el caudal. Vemos que para extracciones de 30 metros la presión varía entre 4 a 6 Kg/cm<sup>2</sup>, y para una mayor profundidad, la presión aumenta considerablemente.

### SISTEMA FOTOVOLTAICO: Descripción y funcionamiento

En la figura 3 se representa un esquema global para la extracción de agua a profundidad, aplicado a una zonal rural dispersa. La generación de energía eléctrica es obtenida mediante la utilización de paneles solares, para cargar las baterías a través de un regulador de voltaje; luego con un convertor de corriente y elevador de tensión generamos aire comprimido y damos tensión a un PLC para comandar las electroválvulas de aire comprimido, de apertura y cierre. Para determinar el sistema fotovoltaico nos basamos en los puntos presentados anteriormente: la utilización de un sistema de extracción de agua subterránea mediante la aplicación de una bomba neumática, y la determinación de los recursos solares para una determinada región del país (V. Mercedes/San Luis/Argentina).



**Figura 3.** Foto y esquema del sistema de bombeo de agua mediante aire comprimido de una etapa integrado con la parte de generación eléctrica a través de energía solar. Donde: (1) Electroválvula de aire comprimido; (2) Válvula de retención de 2 1/2", (3) Válvula de retención de 3/4"; (4) Caño de 3/4"; (5) Cámara 1; (6) Cañería de 3/4" para aire comprimido y (7) Circuito eléctrico de comando de electroválvula.

La finalidad es poder evaluar económicamente en conjunto esta alternativa para el suministro de agua potable específicamente aplicada a una zona aislada basada en la utilización de la energía solar. Además se efectuó una comparación técnico-económica con otros tipos de energías y sistemas tradicionales, de manera de ofrecer a potenciales usuarios, una herramienta que les ayude a tomar decisiones sobre la conveniencia o no de un sistema adoptado para el abastecimiento de agua.

## **CONCLUSIONES**

Se demostró que el sistema propuesto de la bomba neumática posee capacidad para extraer agua a profundidad. Se verificó que la alimentación energética de la bomba se puede efectuar con paneles fotovoltaicos.

La principal ventaja que presenta este sistema, es la de no tener partes complejas o móviles sumergidas, salvo dos simples válvulas de retención. Su parte más compleja es el compresor que está ubicado a nivel del suelo, por lo cual es muy accesible para su mantenimiento. Su estructura es muy simple y también su funcionamiento.

## **BIBLIOGRAFIA**

- DIGENNARO J., RODRIGO V., ROSSI, A. (1997) – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente **1**, 2, 189-192
- DIGENNARO J., RODRIGO V., RIBOTTA, S. y MONASTEROLO R. (1998) – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente **2**, 2, 06.37–06.40 y
- DIGENNARO J., RODRIGO V., RIBOTTA, S. y MONASTEROLO R. (1999) – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente **3**, 2, 07.33-07.36
- MATAIX C. (1978) – Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas – Harper & Row Publishers Inc.