

Bancada de Ensayo para Determinar el Desempeño de SBFV de Baja Potencia

Vera, Luis H.^{1,2} - Steigleder, Marco A.² - Aeberhard, María R.¹ - Benítez, Francisco¹

1. Universidad Nacional de Nordeste, Facultad de Ingeniería, Av. Las Heras n° 727, Resistencia, Chaco,

Web: <http://ing.unne.edu.ar>, Tel /Fax: +54-(0)3722-420076, e-mail: lh_vera@yahoo.com.ar,

2. Laboratório de Energia Solar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),

Sarmiento Leite n° 425, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, Telefone: 0055-51-3316-6841

Resumen: Con la intención de comparar el comportamiento de dos sistemas de bombeo fotovoltaico, se proyectó y construyó una bancada experimental que permite simular condiciones operativas reales, para evaluar y medir ambos sistemas. Uno de ellos trabaja exclusivamente con tecnología fotovoltaica; el otro funciona acoplado a un motor y una bomba que no suelen utilizarse para este tipo de sistemas. El sistema de bombeo fotovoltaico (SBFV) puede ser accionado mediante un panel fotovoltaico o una fuente de potencia, que actúe de un simulador solar, capaz de reproducir las características de los módulos FV bajo diversas condiciones de radiación y temperatura. También se examinó el comportamiento eléctrico y térmico de los módulos FV. Esta instalación, mediante un sistema de adquisición de datos, permite obtener los parámetros necesarios para el trazado de las curvas características de la instalación.

Antecedentes

El aprovechamiento de la energía solar, a través de la tecnología fotovoltaica, para bombear agua constituye una de las más promisorias aplicaciones para la energía proveniente de la fuente solar. El uso de este tipo de tecnología resulta apropiado ya que existe una relación directa entre la disponibilidad de energía solar y la necesidad de agua. Por lo general, la demanda de agua aumenta sensiblemente durante los periodos de calor, cuando la intensidad de la radiación solar es alta y la potencia generada por parte de los dispositivos fotovoltaicos es máxima. Por otro lado, la demanda de agua disminuye cuando disminuye la temperatura y la radiación solar es menos intensa.

La energía solar FV aplicada a sistemas de bombeo resulta una opción conveniente en los países de América latina, con alto nivel de radiación, para aplicaciones agrícolas y consumo humano (Vilela, 2001). Existen instalaciones para el bombeo de agua, de pequeño tamaño, en lugares aislados, instalaciones que pueden presentar diversos problemas de funcionamiento por un inadecuado dimensionado, lo cual sumado al hecho de que la energía solar disponible para los paneles FV varía según el momento del día, ocasiona que el sistema trabaje fuera del punto óptimo de funcionamiento. Fundamentados en estos inconvenientes, se hace necesario un estudio de los parámetros más importantes de dicho sistema: eficiencia del sistema, índice de radiación para el cual comienza el bombeo, las características eléctricas del dispositivo FV, el acoplamiento entre el generador y el conjunto moto-bomba, las pérdidas de potencia, el uso de motores AC con inversor o motores DC directamente acoplados al sistema, entre otras posibilidades. (Suerhcke, 1997).

En la ciudad de Porto Alegre, Brasil, se proyectó y construyó una instalación para el ensayo y evaluación de SBFV. Se probaron y midieron las variables físicas más importantes para las bombas, motores y otros elementos instalados en estaciones de BFV. Debido a que resulta difícil encontrar en el mercado sistemas de bombeo superficial de baja potencia, se optó por acoplar a los generadores fotovoltaicos un sistema comercial proyectado para trabajar con esta configuración y un conjunto motor-bomba no especificado para este tipo de accionamiento. Los resultados obtenidos surgieron de ensayos realizados con potencias de 10 hasta 200 W para bombas con motores con una tensión nominal de 12 V en corriente continua.

Descripción de las instalaciones para los ensayos

Para el estudio de los sistemas se proyectó y construyó un bancada para evaluar, medir y comparar el comportamiento de dos sistemas de bombeo de agua. (Figura 1).

Sistema de Bombeo

Los sistemas de bombeo, además del conjunto de módulos fotovoltaico debidamente colocado, precisan de los siguientes elementos: depósito de agua, tubos de succión, de recalque o de descarga, manómetro transductor diferencial, medidor de caudal, válvula de retención, colocada en el extremo del tubo de aspiración, registro tipo globo colocado junto al tubo de descarga, medidores de presión en la entrada y la salida de la bomba.

El sistema experimental fue proyectado para bombear agua desde un reservorio, construido a nivel del suelo del laboratorio hasta una altura estática determinada, que permaneció constante durante todos los ensayos.

En su recorrido, el agua pasa por el tubo de succión a la bomba y luego al tubo de recalque, de allí va a un embudo e inmediatamente vuelve al depósito. Este ciclo permite que el nivel de agua en el depósito se mantenga constante. La descarga de agua en el embudo se hace directamente a la atmósfera evitando así las variaciones de presión por el efecto sifón.

Las bombas, el manómetro diferencial transductor y el medidor de caudal están conectados en serie con los tubos de succión y recalque. Las diferentes alturas manométricas se simulan por medio de la apertura y cierre de la válvula de control.

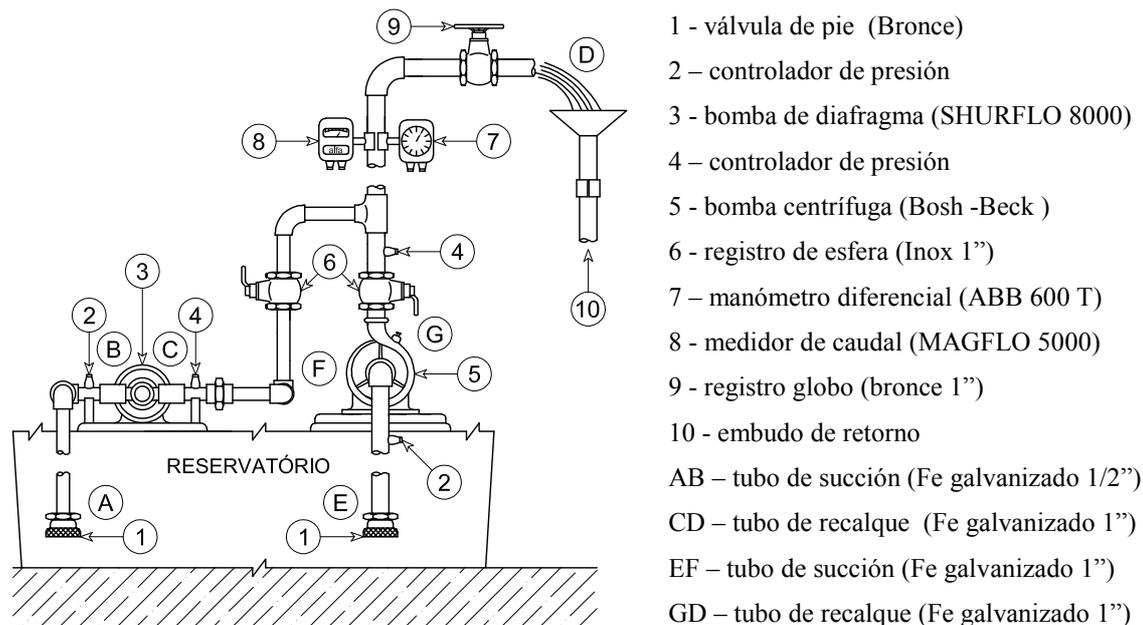


Figura 1. Gráfico esquemático del dispositivo montado para los ensayos de las bombas.

Paralelamente a estos ensayos, se realizaron mediciones que permitan efectuar una caracterización eléctrica de los módulos fotovoltaicos usados como fuente de potencia para estos ensayos.

La bomba centrífuga y la bomba de diafragma se colocaron en una misma instalación, con similares montajes de circuitos hidráulicos y eléctricos.

Sistema de adquisición de datos

Para realizar la mediciones se utilizó un sistema de adquisición de datos (SAD) Agilent 34970 A, equipado con un multímetro interno que permite lecturas con precisión de hasta 6 ½ dígitos. El instrumento estaba unido a un microprocesador vía conexión serial RS 232. El sistema SAD está controlado por un software desarrollado por la empresa Agilent y permite trabajar con configuraciones diferentes para los diversos canales. Para todas las mediciones realizadas, las lecturas se tomaron con 5 ½ dígitos y en intervalos de 5 segundos. Los datos proporcionados por el SAD fueron procesados con una computadora.

Caracterización del generador fotovoltaico

La norma ABNT (NBR10899/TB-328) define a la curva característica de tensión versus corriente (I-V) como la "representación de los valores de la corriente de salida de un conversor fotovoltaico, en función de la tensión, para condiciones pre-establecidas de temperatura y radiación."

La obtención de las curvas I-V de dispositivos fotovoltaicos es importante para su caracterización, ya que a través del análisis de la curva se pueden obtener los cinco parámetros eléctricos que definen la calidad del módulo y prever su desempeño bajo diferentes condiciones de radiación y temperatura.

Un módulo en operación experimentará una variación continua de radiación solar incidente y de temperatura a lo largo de los días y estaciones del año y, posiblemente, nunca se verá sujeto a las condiciones consideradas como patrón para el estudio. Por lo tanto, para que sea posible caracterizar adecuadamente los módulos que se usarán, resulta necesario conocer la intensidad de la corriente y la tensión bajo diversas condiciones de irradiación y temperatura.

Para la caracterización de los módulos fotovoltaicos utilizados en este ensayo se utilizó un sistema desarrollado en el Laboratorio de Energía Solar de la UFRGS (Prieb, 2002).

Ensayos realizados

El análisis de un sistema de bombeo exige que se conozca el comportamiento de la bomba y del sistema de bombeo al cual pertenece. Ambos quedan caracterizados cuando se conocen las curvas de trabajo de la bomba y las pérdidas en el sistema. Las curvas se determinan en base a las condiciones de operación y requieren que se conozcan las instalaciones, los procedimientos padronizados y las características del fluido. Estos elementos representan, a través de los gráficos, el desempeño de la bomba y del sistema y permiten determinar el funcionamiento de la bomba bajo determinadas condiciones, y los cambios que se producirán al alterar la curva de carga del sistema.

Las curvas características de una bomba se obtienen con velocidades constantes (según normas). En los sistemas de bombeo fotovoltaico, las rpm y las tensiones varían con el nivel de radiación solar incidente en el plano del generador fotovoltaico. Esto impide que las velocidades permanezcan constantes y dificulta así la obtención de las curvas. Por esta razón, para lograr un valor del desempeño de las bombas, se utilizó una fuente de potencia conectada a la red convencional de energía eléctrica, que permitió controlar las condiciones del ensayo. La potencia de salida se obtuvo

mediante la variación de tensión e intensidad de la corriente, esto permitió simular, utilizando la fuente, la potencia entregada por el generador fotovoltaico en diferentes condiciones de radiación y temperatura.

Para la caracterización de las bombas y del sistema de bombeo, se trazaron las siguientes curvas:

1. Curva de Caudal - Altura Manométrica, para tensiones constantes.
2. Curva de Caudal - Potencia -, para tensiones constantes.
3. Curva de Caudal - Eficiencia, -, para tensiones constantes.

Para la obtención de la curva del sistema, en primer lugar, se fijó una determinada abertura de la válvula de control de caudal y se hizo operar el sistema, variando la tensión suministrada por la fuente, desde cero hasta el máximo valor posible. Con los datos de diferencia de presión (H) y caudal (Q) obtenidos, se trazó la curva de pérdidas del sistema. Cabe destacar que, al fijar una abertura de válvula de control de caudal, haciendo variar la tensión, y consecuentemente las velocidades, también variaron el caudal y la presión.

Al comparar la curva de H-Q de la bomba con la curva de altura del sistema, se pudo determinar el punto de trabajo de la bomba. Este punto queda definido por el punto de encuentro de las dos curvas. A partir de ese punto, es posible encontrar el caudal, potencia, altura y eficiencia. De manera análoga, al compara la curva H-Q de la bomba con la curva del sistema, se puede prever el comportamiento de las diversas variables en diferentes condiciones de trabajo.

La figura 2 a) muestra la superposición de curvas H-Q de la bomba centrífuga con la curva del sistema para una altura determinada. Los puntos de trabajo para las diferentes tensiones de análisis están representados por los puntos 1,2,3,4 y 5 para la bomba centrífuga. Se procedió de la misma manera para obtener los puntos de trabajo de la bomba de diafragma.(Figura 2 b).

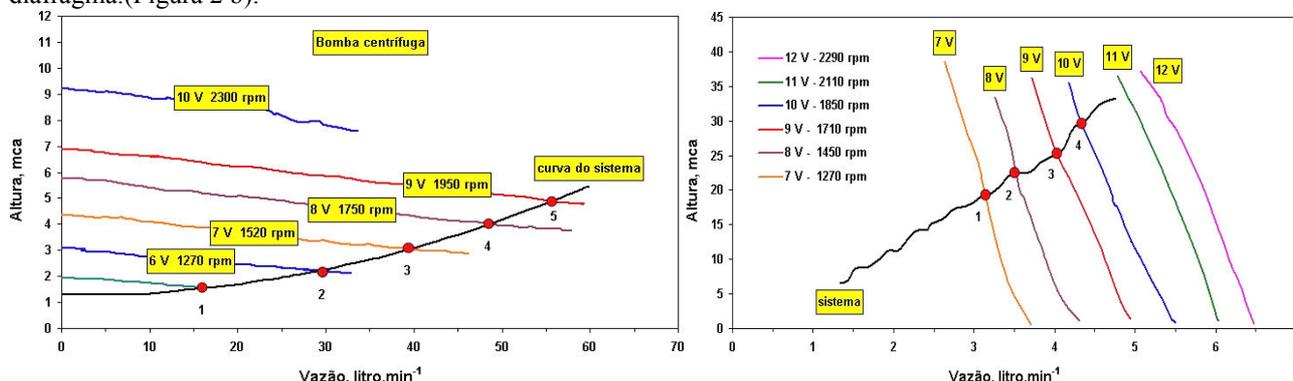


Fig. 2. a) Punto de trabajo de la bomba centrífuga, para diferentes tensiones, b) Punto de trabajo de la bomba de diafragma, para diferentes tensiones.

La Figura 3 muestra las curvas representativas de corriente y tensión para un módulo fotovoltaico Siemens SP 75, al ser sometido a diversas condiciones de irradiancia y temperatura. Las curvas fueron construidas con valores de irradiancia de 200, 400, 600, 800 e 994 W/m^2 . Para cada nivel de radiación se consideró que la temperatura del módulo era igual al promedio de las temperaturas de las células. Los puntos para caracterizar la curva I-V para 994 W/m^2 se obtuvieron a través de datos experimentales. Las otras curvas se construyeron con el programa computacional PVSiz. En el gráfico, los puntos de encuentro de la curva de máxima potencia con las curvas I-V, para los distintos valores de radiación solar representan el punto óptimo de trabajo del sistema.

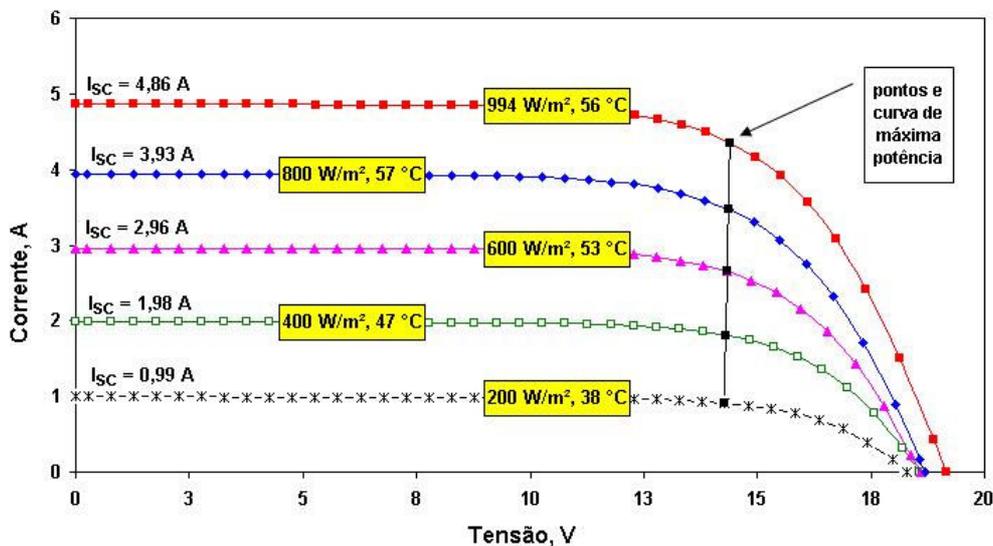


Fig. 3. Curva característica I-V de uno de los módulos fotovoltaicos, para diferentes valores de irradiancia y temperatura, utilizado para accionar el sistema de bombeo ensayado.

Conclusiones

La bancada que fue proyectada e instalada en el Laboratorio de Energía Solar se mostró como una herramienta confiable y práctica para determinar el comportamiento de sistemas de bombeo. Se realizó una serie de ensayos para bombas accionadas con motores de corriente continua de 12 V y baja potencia, que permitieron caracterización del sistema y el comportamiento del conjunto moto-bomba. El comportamiento presentado por las dos bombas resultó ser el esperado, según lo especificado por la bibliografía especializada e características informadas por el fabricante de una de las bombas. Con el SAD, sensores y sistema de control, se determinaron las máximas variaciones de caudal, altura, eficiencia y potencia. Con estos parámetros se logró describir eléctrica, hidráulica y mecánicamente cada sistema. También se caracterizó el sistema de generación fotovoltaica por medio de la curva característica I-V medida y extrapolada en diferentes condiciones.

A continuación se realizaron ensayos para determinar semejanzas en las características eléctricas del generador (panel fotovoltaico) y las características eléctricas en carga de los motores. Se monitoreó el sistema instalado a fin de precisar el máximo y mínimo caudal posible, según los niveles de irradiancia proporcionados por los módulos fotovoltaicos.

Con el montaje de la bancada puede darse paso a la etapa de estudio de acoplamiento entre sistemas de bombeo de agua e módulos fotovoltaicos

Referencias

Alonso, M., Chenlo, F., 1995 "Testing Results of PV Pumping Systems for Stand Alone Installations", Laboratorio del Instituto de Energia Renovables, Editorial CIEMAT, Madrid, España.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1988. "NBR10899/TB328 Conversão fotovoltaica de energia solar", Rio de Janeiro

Duffie, J. A., Beckman, W. A., 1991. "Solar Engineering of Thermal Process", John Wiley & Sons, New York, USA.

Fedrizzi, M. C., 1997. "Fornecimento de Água com Sistemas de Bombeamentos Fotovoltaicos", Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.

Prieb, C. W. M., 2002. "Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos Fotovoltaicos", Dissertação de Mestrado, PROMEC/UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil.

Sandia National Laboratories, 2001. "Guia para el desarrollo de proyectos de Bombeo de Agua com Energia Fotovoltaica", Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, New México, USA.

Suerhcke, H., Appelbaum, J., Reshef, B., 1997. "Modeling a Permanent Magnet DC Motor/Centrifugal Pump Assembly in a Photovoltaic Energy System", Solar Energy, Volume 59, Nos. 1-3, pp. 37-42.

Vilela, O. C., 2001. "Caracterização, Simulação e Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos de Abastecimento de Água", Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – PROTEN – DEN / UFPE, Recife - PE, Brasil.