



EVALUACIONES TÉCNICAS

ARTÍCULO ORIGINAL

CU-ID: <https://cu-id.com/2284/v12n3e06>

Evaluación técnica en condiciones de explotación de la bomba solar LORENTZ para abasto de agua

Technical evaluation under operating conditions of the LORENTZ solar pump for water supply

Ing. Enmanuel Ávila González¹, Dr.C. Julián Herrera Puebla, MSc. Bernardo Campos Cuní

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. El desarrollo económico del país establece entre sus prioridades, el logro del uso eficiente de la energía en el bombeo del agua, que constituye uno de los eslabones fundamentales para la Agricultura. En los últimos años se han introducido en Cuba diversas bombas solares en aras de potenciar económicamente a varias empresas. Su evaluación permite obtener información para la toma de decisiones con vista a su posible introducción en el país para estos fines. El presente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola con el objetivo de determinar las características técnicas y de explotación del sistema fotovoltaico y la Bomba Solar Lorentz PS2-150·C-SJ5-8. La metodología utilizada consistió en la medición de las características eléctricas e hidráulicas del sistema en el momento de su puesta en marcha, además del cálculo del volumen diario de bombeo de agua. Los resultados encontrados arrojaron que la potencia promedio obtenida de los paneles fue de 0,3 kW, la presión máxima alcanzada por la bomba fue de 20 m.c.a. cuando la descarga fue 1,52 m³/h y el gasto máximo fue de 4,00 m³/h en 2 m.c.a. El volumen diario de agua en 7 horas de bombeo fue de 28,02; 18,20 y 10,64 m³/día para alturas de 2, 11 y 20 m.c.a. respectivamente. Se concluyó que el comportamiento del equipo evaluado, es aceptable con respecto a las características brindadas por el fabricante.

Palabras clave: energía solar, radiación solar, caudal.

ABSTRACT. The economic development of the country establishes among its priorities, the achievement of the efficient use of energy in the pumping of water, which constitutes one of the fundamental links for Agriculture. In recent years, various solar pumps have been introduced in Cuba in order to economically empower various companies. Its evaluation allows obtaining information for decision-making with a view to its possible introduction into the country for these purposes. This work was developed at the Experimental Station of the Agricultural Engineering Research Institute with the aim of determining the technical and operating characteristics of the photovoltaic system and the Lorentz PS2-150·C-SJ5-8 Solar Pump. The methodology used consisted of measuring the electrical and hydraulic characteristics of the system at the time of its start-up, in addition to calculating the daily volume of water pumping. The results found showed that the average power obtained from the panels was 0,3 kW, the maximum pressure reached by the pump was 20 m.c.a. when the discharge was 1,52 m³/h and the maximum flow rate was 4,00 m³/h in 2 m.c.a. The daily volume of water in 7 hours of pumping was 28,02; 18,20 and 10,64 m³/day for heights of 2, 11 and 20 m.c.a. respectively. It was concluded that the behavior of the evaluated equipment is acceptable with respect to the characteristics provided by the manufacturer.

Keywords: Solar Energy, Solar Radiation, Flow Rate.

INTRODUCCIÓN

El agua es imprescindible para la subsistencia de los seres vivos, su escasez es un problema grave en el planeta, ya que, al aumentar su demanda y su contaminación, ha mermado el volumen per cápita disponible. Ello obliga a la sociedad, a hacer

un uso sustentable del agua para conservarla; pues la mayor parte se destina al uso doméstico, la irrigación de cultivos y al abasto a los animales (Cruz, 2011; Fernández et al., 2011; Poonia et al., 2018). Es así que, del agua dulce disponible en el

¹ Autor para correspondencia: Enmanuel Avila González, e-mail: enmanuel.avila@iagri.minag.gob.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0555-3152>

Recibido: 18/12/2021.

Aprobado: 14/06/2022.

mundo, la agricultura utiliza el 70% y el 30% de esta se dirige a la producción ganadera (FAO, 2018; Li, 2018; Mossand et al., 2015). Según explican Perea et al. (2017), el agua y la energía están íntimamente relacionadas, pues en el tratamiento y transporte del agua es necesaria la electricidad. Debido a esto, las Naciones Unidas consciente de la estrecha relación e interdependencia del nexo agua y energía, alerta que el cambio climático, derivado en gran medida del uso insostenible de la energía, incrementará el estrés hídrico y la escasez de agua en muchas regiones (Ferrer et al., 2017; Li et al., 2017).

Las energías renovables a nivel mundial han crecido de manera importante en los últimos años; debido al aumento de los precios de los combustibles convencionales, la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio entre otros factores que han impulsado este crecimiento. Se estima que, a fines de 2019, se alcanzó una capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables cercana a los 2 537 GW a nivel mundial, destacando la solar como la más abundante en el mundo, además de ser amistosa con el medioambiente (International Renewable Energy Agency, (IRENA), 2020; Ren21, 2016; Rodríguez et al., 2017). Por lo que la generación energética fotovoltaica es un aprovechamiento eficiente para el uso de la energía solar (Bravo, 2015; Nath et al., 2015). Por ello, en Cuba el sector ganadero ha utilizado sistemas de bombeo solar fotovoltaico para el abasto de

agua a los animales, especialmente en las unidades ubicadas en áreas de difícil acceso y fuera de la red eléctrica (Baskar, 2014; Hajj, 2015). Además, Pérez et al. (2016) plantean que el bombeo de agua es una de las actividades que mayor demanda energética posee. Por lo que el bombeo solar fotovoltaico constituye para los agricultores cubanos, un suministro fácil de energía y un mejor acceso al agua (The International Renewable Energy Agency (IRENA), 2016).

En Cuba, se han introducido diversas bombas solares, las cuales son empleadas en la agricultura tanto para riego como en el abasto de agua a los animales. Su evaluación es una necesidad que permite la toma de decisiones para su posible introducción en el país. El objetivo del presente trabajo fue realizar la evaluación técnica de la bomba solar sumergible Marca LORENTZ modelo PS2-150 C-SJ5-8 en condiciones de explotación y el cálculo del volumen diario de bombeo de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el mes de mayo del 2020, en áreas de la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), situado en el municipio de Alquizar, localizada en los 22°46' 49,2" de Latitud Norte y los 82° 36' 06,69" de Longitud Oeste (ver Figura 1), a 6 m.s.n.m en el suroeste de la provincia Artemisa.

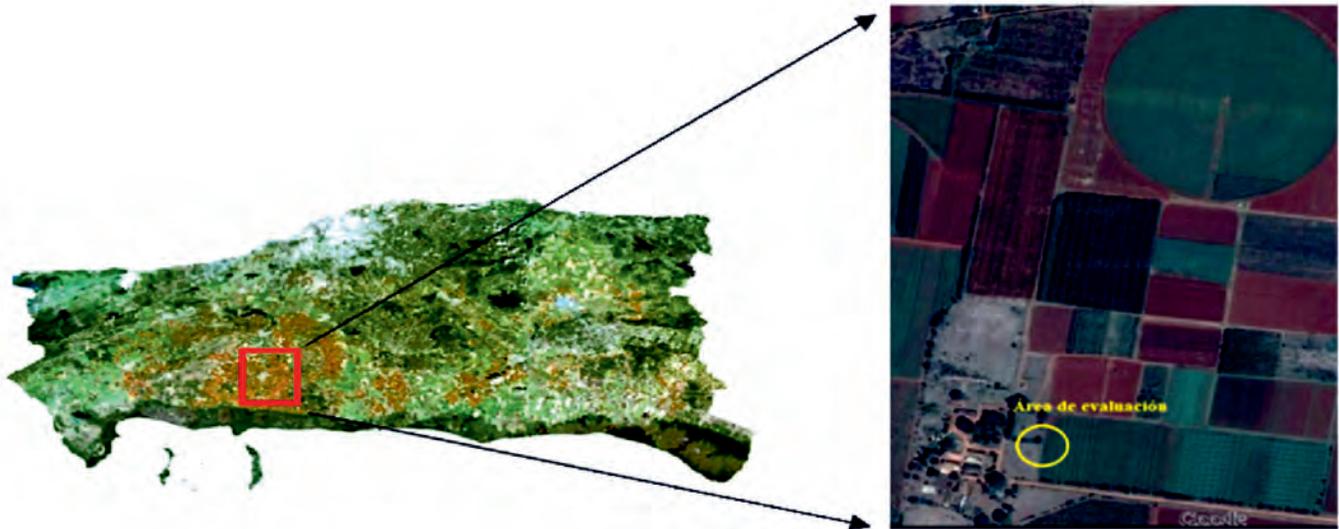


FIGURA 1. Ubicación de la Estación Experimental del IAgric. Fuente: Elaboración propia.

Condiciones climáticas del área de evaluación

Los datos climáticos para la caracterización del área de estudio, fueron tomados de la estación climatológica del IAgric en Pulido. La zona presenta una temperatura media anual en el orden de los 23 a 25 °C, con una velocidad del viento 1,2 ms⁻¹. En el caso específico de la irradiación solar, se tomó de la página Global Solar Atlas, registrando un valor promedio diario del mes de mayo de 5,751 kWh/m².

Características del equipo evaluado

En cuanto al equipamiento, se tiene la bomba solar objeto de estudio PS2-150 C-SJ5-8 de la marca alemana LORENTZ (Figura 2).

Según el fabricante, las características del equipo evaluado, es un sistema de baja potencia, que consta de un generador fotovoltaico compuesto por dos paneles fotovoltaicos (Figura 2a), marca Sharp con un área cada uno de 1,66 m² (1,66 m largo x

1 m ancho), que fueron interconectados en paralelo para conformar una unidad generadora de corriente continua (CC), las características eléctricas de los mismos se muestran en la Tabla 1.

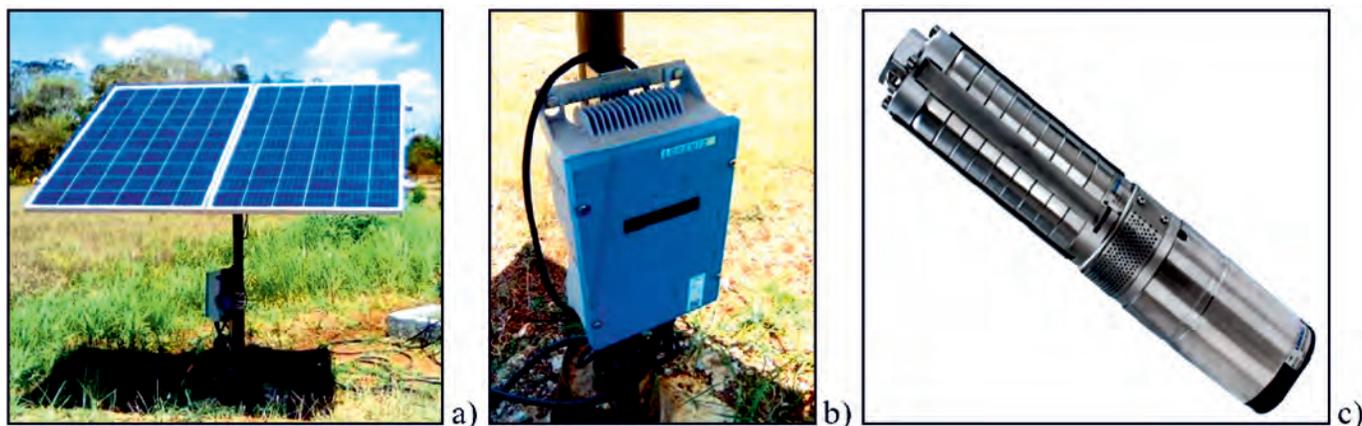


FIGURA 2. Sistema de bombeo solar PS2-150 C-SJ5-8 Marca LORENTZ. a) Paneles solares marca Sharp (Japón). b) Controlador PS2-150. c) Bomba sumergible. Fuente: Elaboración propia y Catálogo fabricante.

TABLA 1. Características eléctricas de los paneles solares Marca Sharp. Fuente: Chapilla

Características	Unidad de medida	Valor
Potencia Máxima (P_{máx})	W	275
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	V	38,5
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	A	9,38
Voltaje en el punto de Potencia Máxima (V_{mpp})	V	31,4
Corriente en el punto de Potencia Máxima (I_{mpp})	A	8,76
Eficiencia del módulo	%	16,8
Protección de corriente alta	A	15

Nota: Los datos técnicos en condiciones de prueba estándar son la irradiación de 1 000 W/m², AM de 1,5 de espectro y la temperatura de la celda de 25 °C.

Un Controlador PS2-150 (Figura 2b), que posee entradas de control para protección contra operación en seco, está protegido contra polaridad inversa, sobrecarga y temperatura excesiva. También lleva integrado MPPT (Maximum Power Point Tracking) y su funcionamiento con baterías posee una protección integrada contra descarga total. Además, tiene un sistema de monitoreo, en el que registra en una tarjeta interna

todos los parámetros de funcionamiento de la bomba, tales como el caudal, la presión, el amperaje y el voltaje. El controlador cuenta también con un sensor de nivel en el pozo que evita que la bomba trabaje en vacío y un sensor de llenado para el depósito de acumulación que evita el derrame innecesario de agua. Para más detalles en la Tabla 2 se muestran los datos técnicos del Controlador.

TABLA 2. Datos técnicos del Controlador PS2-150. Fuente: Catálogo del fabricante

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Potencia máxima	W	300
Voltaje de entrada y salida máximo (V_{oc})	V (DC)	50
Corriente máxima de entrada y salida	A	22
Corriente máxima de entrada (I_{sc})	A	30
Frecuencia	Hz	0 - 110
Modo de protección	-	IP68/NEMA 6P

La bomba sumergible del conjunto (Figura 2c), es de funcionamiento centrífugo con carga máxima de 20 m y gasto máximo de 4,6 m³/h (1,28 L/s). Salida roscada de 1,5". Construida de acero inoxidable AISI 304, provista de válvula de no retorno y con protección para funcionamiento en seco. Puede trabajar en pozos con diámetro mínimo de 4" y temperatura del agua de 40°C. Dicha bomba trae incorporado un motor modelo ECDRIVE 150-C, que es de corriente directa (CC), sin escobillas que son libres

de mantenimiento y es sumergible en agua; éste tiene materiales Premium de acero inoxidable AISI 304/316 y no posee elementos electrónicos en el motor (Tabla 3).

TABLA 3. Datos técnicos del Motor ECDRIVE 150-C. Fuente: Catálogo del fabricante

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Potencia nominal	W	300
Eficiencia máxima	%	92
Revoluciones motor	rpm	600...3 300
Inmersión máxima	m	150
Peso	kg	7

Desarrollo de la evaluación

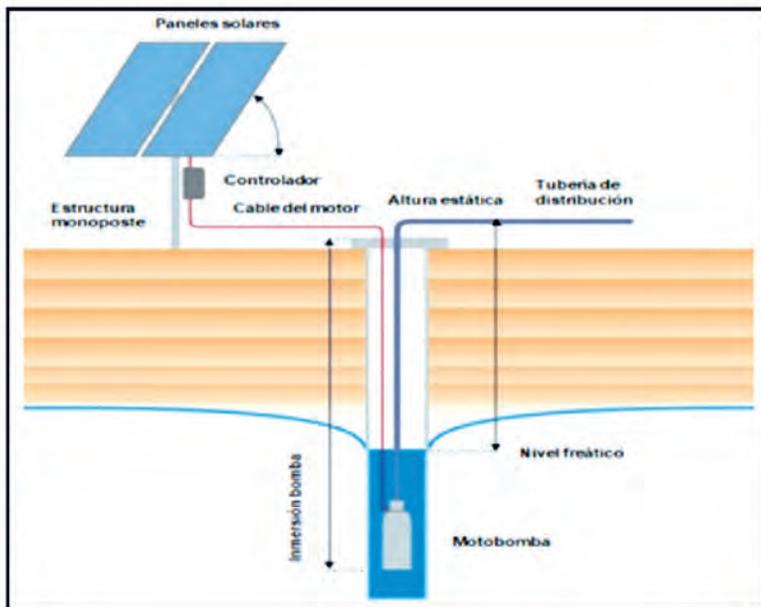
Dado que los datos del acuífero sobre el que descansa el suelo de la estación experimental es conocido y en el mismo hay instalado bombas de hasta 270 m³/h (75 L/s), no se consideró necesario realizar un aforo del pozo previo a la evaluación de esta bomba de bajo gasto. La Tabla 4 muestra las características del agua y del pozo donde fue instalada la bomba.

Para instalar la bomba al pozo, se enrosca a la misma una tubería galvanizada de 1 ½" y los cables de la bomba conectados a cables Royal Cord de 3 vías, acorde con el calibre de los que posee la bomba de fábrica. Estos cables fueron empalmados utilizando envoltura de tape de goma y tape plástico y luego sujeto a la tubería de impulsión. Este conjunto fue introducido en el pozo, teniendo cuidado que entre el mismo y el fondo del pozo quedara al menos 1 m. Finalmente, la bomba fue conectada al controlador PS2-150 y este a los paneles solares, quedando el conjunto como se muestra en el esquema y foto de las Figuras 3a y 3b.

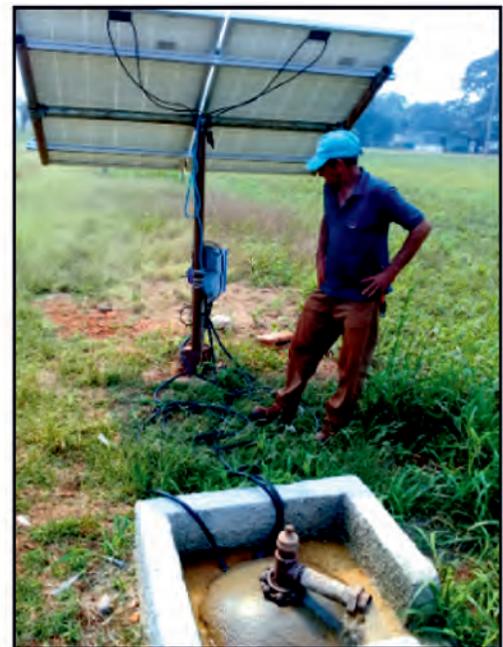
TABLA 4. Características del pozo y del agua donde se instaló la bomba

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Nivel dinámico	m	5,2
Diámetro del pozo	mm/in	200/7,8
pH del agua	-	7,53
Conductividad eléctrica	µS/cm	745

Como puede observarse en la Tabla 4, el diámetro del pozo no requiere que la bomba sea protegida por camisa de protección para evitar el sobre calentamiento del motor. Referente al agua del pozo, según Pérez (2016) se encuentra dentro del rango del pH aceptable para agua potable que varía de 6,5 a 8,5. Asimismo, según Gallo (2014) está en el **límite superior** del rango óptimo de pH para agua de bebida de bovinos que se ubica entre 6,1 a 7,5 y dentro del rango de pozos profundos que abarca desde 6,73 a 8,53. En cuanto a la conductividad eléctrica del agua del pozo, según Oz-Perú (2021) se encuentra dentro del rango de agua potable o el agua superficial, que es de 100 a 1000 µS/cm aproximadamente. Por lo que el agua es apta para el abasto en la Estación Experimental.



a)



b)

FIGURA 3. a) Esquema del sistema de bombeo solar instalado en la Estación Experimental del IAgriC. Fuente: INGEMECÁNICA. b) La bomba instalada, lista para la evaluación de campo. Fuente: Elaboración propia.

Método de evaluación

El procedimiento de evaluación de la bomba solar instalada en el pozo, consistió en la medición de los parámetros eléctricos e hidráulicos del sistema en el momento de su puesta en marcha.

En cuanto a los parámetros eléctricos, se colocaron dos multímetros en la entrada de energía del controlador PS2-150 (Figura 4a), para medir el amperaje y el voltaje del arreglo fotovoltaico (de los cuales se calculó posteriormente la potencia eléctrica), así como la temperatura ambiente debajo de los paneles solares, en el ensayo de medición de los parámetros hidráulicos del sistema.

Referente a los parámetros hidráulicos, consistió en la obtención de la curva característica (presión vs gasto) de la bomba solar, bajo las condiciones de energía solar del sitio de evaluación. Para ello se conectó a la salida de la bomba una tubería de PE (PN4) de 63 mm de diámetro a la cual se le añadió un manómetro con rango de funcionamiento entre 0 - 6 bar con escala mínima de lectura de 0,2 bar y una válvula de

bola de 1 ½", se utilizó un recipiente de plástico aforado de 10 litros para coleccionar el gasto de la bomba durante el tiempo considerado en la evaluación.

El ensayo consistió en medir el tiempo (medido con cronómetro) en que la bomba llenaba el recipiente de 10 litros para distintas presiones de trabajo. Teniendo en cuenta posibles variaciones de la insolación por el paso de nubes, cada lectura, a la presión fijada, se repitió 4 veces. Las variaciones de presión se obtuvieron mediante cierre de la válvula desde cierre total hasta apertura total, diferentes posiciones de apertura de la válvula, se obtuvieron cargas medidas en el manómetro desde 0 a 2 bares. En la Figura 4b se muestra un esquema de la instalación para la obtención de la relación presión contra gasto en la bomba evaluada.

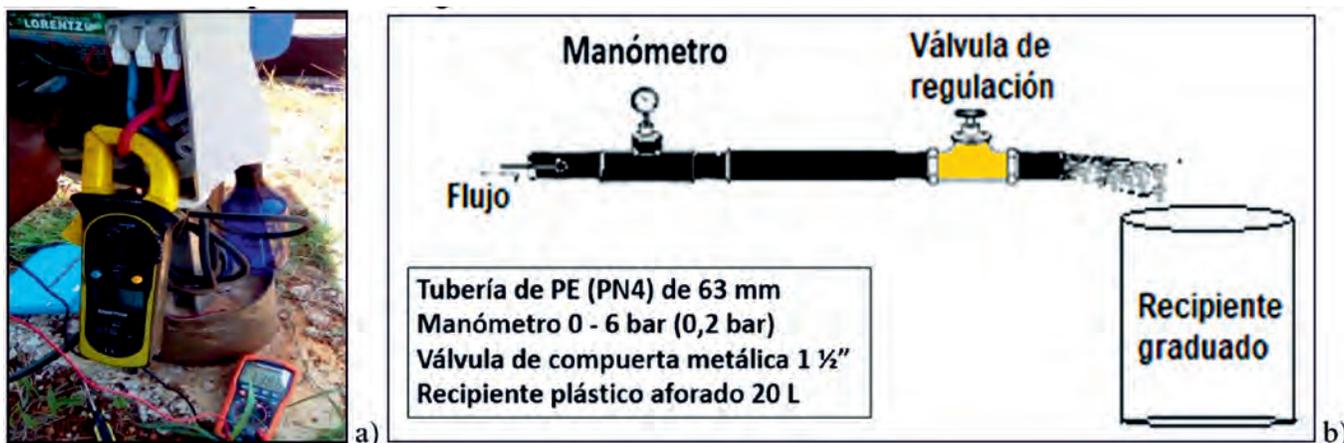


FIGURA 4. a) Multímetros para las mediciones eléctricas de los paneles b) Esquema de la instalación para obtener la relación Q vs H. Fuente: Elaboración propia.

Método de cálculo del volumen diario de bombeo de agua

Para calcular el volumen diario de bombeo de agua (V_B) de la bomba solar LORENTZ dado en $m^3/día$, se empleó la expresión número (1), donde Q es el caudal de la bomba para la presión correspondiente, dada en m^3/h y T_B es el tiempo de bombeo diario, dado en horas.

$$V_B = Q * T_B \quad (1)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los voltajes e intensidades promedios obtenidos, para distintas alturas de presión hidráulica, durante el período de evaluación realizado el día 6 de mayo del 2020 a las 10:00 a.m., con condiciones de temperatura registrada de 33 °C; la potencia mostrada fue calculada a partir del producto de los voltajes y las intensidades medidas.

TABLA 5. Valores medios de los voltajes y amperajes medidos durante el ensayo y la potencia calculada

H (m.c.a.)	Voltaje (V)	DS	CV	Amperaje (A)	DS	CV	Potencia (W)	DS	CV
0	31,70	0,14	0,45	10,37	0,08	0,79	329,68	2,11	0,64
10	31,70	0,08	0,26	10,17	0,08	0,80	323,34	2,29	0,71
15	31,13	0,34	1,09	9,70	0,05	0,52	302,70	4,81	1,59
20	31,43	0,29	0,91	9,20	0,05	0,54	288,34	4,18	1,45

DS: Desviación Estándar (+/-). CV: Coeficiente de Variación (%).

Como puede observarse en la Tabla 5, durante el ensayo realizado el mayor valor de voltaje registrado fue de 31,70 V en las alturas de presión 0 y 10 m.c.a, y el mayor valor de amperaje fue 10,37 A para 0 m.c.a. de altura. En el análisis estadístico

Ávila-González *et al.*: Evaluación técnica en condiciones de explotación de la bomba solar LORENTZ para abasto de agua de todos los valores de los parámetros medidos dentro del ensayo, los coeficientes de variación son menores al 20% lo que muestra poca dispersión de los datos. Puede concluirse que la potencia obtenida durante el período de evaluación fue como promedio de 0,3 kW.

La Figura 5a muestra la curva de gasto (m^3/h) vs presión (m.c.a.) obtenida en el ensayo realizado; para la potencia promedio bajo la cual se realizó el ensayo (0,3 kW, según Tabla 5), la máxima presión alcanzada por la bomba fue de 20 m.c.a. cuando la descarga fue $1,52 m^3/h$ y el máximo gasto fue de $4,00 m^3/h$ cuando trabajó a 2 m.c.a., lo cual se aproxima a los datos aportados por el fabricante, quien señaló un gasto máximo de $4,60 m^3/h$ y una altura máxima de 20 m.c.a.

La Figura 5b muestra los gastos obtenidos para diferentes potencias y presiones de acuerdo al fabricante; en la misma puede observarse que para la máxima potencia de 0,3 kW, la cual coincide con las obtenidas en el ensayo realizado, se obtienen caudales de 4,60, 3,25 y $1,90 m^3/h$ para presiones de 2, 11 y 20 m.c.a.

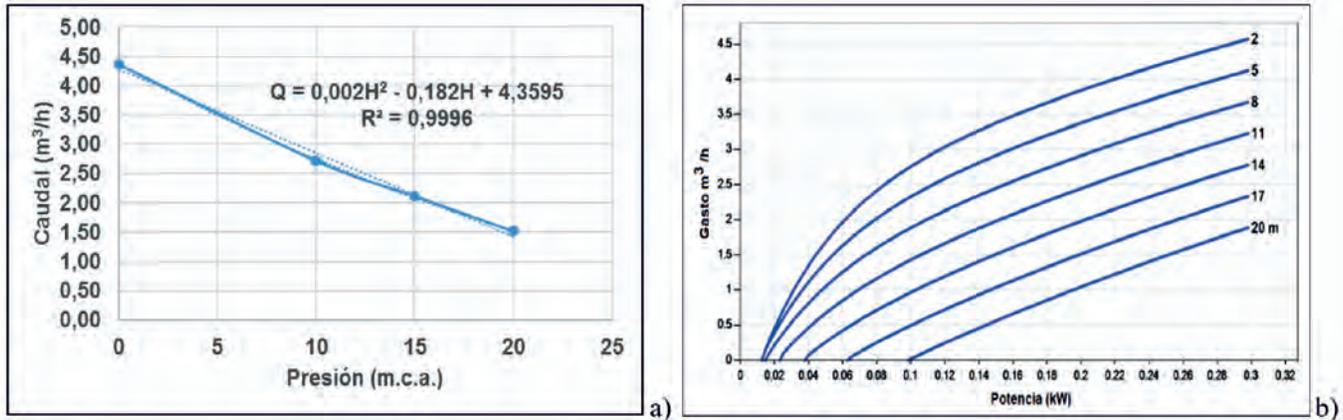


FIGURA 5. a) Curva característica Caudal vs Presión de la bomba, obtenida en el ensayo realizado. b). Curva de Caudal (m^3/h) vs Potencia (kW), alturas de bombeo desde 2 hasta 20 m.c.a. para la bomba PS2-150 C-SJ5-8. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos de la curva mostrada y de obtener la ecuación de regresión de la misma (Figura 5a), donde Q es el gasto dado en m^3/h , H es la altura de presión dada en m.c.a. y R^2 es el coeficiente de regresión, el cual estuvo próximo al 1, por lo que se considera que el ajuste del modelo es muy bueno. Además, se calcularon los gastos para las presiones 2; 5; 8; 11; 14; 17 y 20 m.c.a. señaladas por el fabricante en la Figura 5b con una potencia promedio de 0,3 kW. De igual modo, se plotearon los valores de los gastos dados por el fabricante en la Figura referida, a las mismas alturas con igual potencia. De ahí se preparó la Tabla 6, donde se comparan los valores obtenidos a partir de las curvas del fabricante y la obtenida en el campo.

TABLA 6. Comparación de los gastos ofrecidos por el fabricante y los obtenidos en la evaluación de campo para presiones similares e igual potencia

Presión (m.c.a.)	Gasto (m ³ /h) Fabricante	Gasto (m ³ /h)		Diferencia * T _B (m ³ /día)
		Evaluación de campo	Diferencia	
2	4,60	4,00	0,60	4,18
5	4,15	3,50	0,65	4,55
8	3,70	3,03	0,67	4,68
11	3,25	2,60	0,65	4,55
14	2,75	2,20	0,55	3,83
17	2,30	1,84	0,46	3,20
20	1,90	1,52	0,38	2,66

T_B: Tiempo de bombeo (7 horas).

Como puede observarse en la Tabla 6, la mayor diferencia de gasto es en la carga de 8 m.c.a., que es de $0,67 m^3/h$, para este caso si se tiene en cuenta un tiempo de bombeo de 7 horas, representan $4,68 m^3/día$ que se dejarían de bombear, lo cual puede ser a causa de los $33 °C$ de temperatura que estaban incidiendo sobre los paneles solares en el momento de la evaluación, ya que según Cepeda & Sierra (2017) y Enchufesolar (2022), la temperatura óptima de funcionamiento de los paneles se sitúa entre los 20 y $25 °C$, por encima de esta temperatura el rendimiento de las placas solares se reduce ligeramente, de hecho, según la mayoría de los fabricantes, a $40 °C$ el rendimiento se sitúa alrededor del 80%. Sin embargo, la menor diferencia que se obtuvo fue en la altura de presión de 20 m.c.a. con un caudal de $0,38 m^3/h$, lo cual indica que, en esta altura, bajo dichas condiciones de bombeo, se obtienen valores más cercanos a los dados por el fabricante. Teniendo en cuenta las características del caudal de la bomba solar LORENTZ, tanto las dadas por el fabricante como las obtenidas en el campo y un tiempo de bombeo diario de 7 horas, en la Tabla 7 se muestran los volúmenes de abasto de agua diarios, obtenidos a partir de la expresión número (1).

TABLA 7. Volumen diario de bombeo de agua de la bomba solar LORENTZ

Presión (m.c.a.)	Volumen diario de bombeo (m ³ /día)	
	Fabricante	Evaluación de campo
2	32,20	28,02
5	29,05	24,50
8	25,90	21,22
11	22,75	18,20
14	19,25	15,42
17	16,10	12,90
20	13,30	10,64

Como puede observarse en la Tabla 7, el volumen de bombeo de agua diario (sea el del fabricante o el obtenido en la evaluación de campo), disminuye a medida que aumenta la altura de presión, esto ocurre porque según Carmenates et al. (2017) y Universidad Internacional de Riego (2021) a mayor caudal demandado por la instalación, se tendrá una menor presión, y al contrario, a menor caudal la bomba impulsará el agua con una presión mayor.

CONCLUSIONES

- Al evaluar el Sistema de bombeo solar LORENTZ modelo PS2-150 C-SJ5-8, se determinó que la potencia promedio obtenida de los paneles fue de 0,3 kW con valores máximos de tensión de 31,70 +/- 0,14 V e intensidad de 10,37 +/- 0,08

A, la mayor presión fue de 20 m.c.a. cuando la descarga fue 1,52 m³/h y el gasto mayor fue de 4,00 m³/h cuando trabajó a 2 m.c.a, lo cual se aproxima a los datos aportados por el fabricante, quien señaló un gasto máximo de 4,60 m³/h y una altura máxima de 20 m.c.a.

- Al calcular el volumen diario de bombeo para un tiempo de 7 horas, los resultados muestran que el mayor fue en la altura de 2 m.c.a. con 28,02 m³/día y el menor fue en la altura de 20 m.c.a con 10,64 m³/día, lo que indica que con menor altura de presión se obtienen mayores volúmenes de bombeo para el abasto de agua.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el comportamiento del equipo evaluado, en las condiciones de explotación, presenta una relación presión-gasto aceptable con respecto a las características brindadas por el fabricante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baskar, D. (2014). Efficiency improvement on photovoltaic water pumping system by automatic water spraying over photovoltaic cells. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 19(8), 1127-1131. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.19.8.11232>
- Bravo, H. D. (2015). Energía y desarrollo sostenible en Cuba. *Centro azúcar*, 42(4), 14-25. <http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu>
- Carmenates, H. D., López, S. M., Mujica, C. A., & Paneque, R. P. (2017). Evaluación mecánica e hidráulica de emisores en sistemas de riego en Ciego de Ávila. *Ingeniería Agrícola*, 7(4), 17-22.
- Cepeda, M. J. S., & Sierra, A. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Cruz, B. D. (2011). *Estudio de ahorro mediante bombeo solar*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Enchufesolar. (2022). *¿Cómo afecta la temperatura al rendimiento de las placas solares?.* <https://enchufesolar.com/blog/como-afecta-la-temperatura-al-rendimiento-de-las-placas-solares>
- FAO. (2018). *World Livestock: Transforming the livestock sector through the sustainable development goals*. FAO.
- Fernández, R., Martínez, M., Tavares, E., Castillo, V., & Salas, M. (2011). *Estimación de las demandas de consumo de agua*. Secretaría de Agricultura, Ganadería (p. 4). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E>
- Ferrer, J., Aguado, D., Barat, R., Serralta, J., & Lapuente, E. (2017). *Huella energética en el ciclo integral del agua en la Comunidad de Madrid* (p. 6). Fundación Canal, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València.
- Gallo, L. (2014). *Calidad de agua de bebida en sistemas extensivos de producción bovina en el norte de la provincia de Santa Fe* [Tesis presentada para optar al título de Magister en Ciencias Ambientales de la Universidad de Buenos Aires].
- Hajj, S. N. (2015). *Solar-powered pumping in Lebanon: A comprehensive guide on solar water pumping solutions*. UNDP. Federal Department of Foreign Affairs FDFA, Swiss Agency for Development and Cooperation SDC United Nations Development Programme.
- International Renewable Energy Agency, (IRENA) (2020). *Renewable capacity statistics 2020*. IRENA. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf.
- Li, G., Jin, Y., Akram, M. W., & Chen, X. (2017). Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 440-458.
- Licl. (2018). *Ganadería y manejo sustentable del agua, La Industria Cárnica Latinoamericana (LICL)*. <https://www.publitech.com/wp-content/uploads/GANADERIA-Y-MANEJO-SUSTENTABLE.pdf>
- Mossande, A. R., Brown, M. O., Mujica, C. A., Mata, R., & Osorio, L. I. (2015). Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Benguela, Angola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 11-17.
- Nath, M. V., Ogubazghi, G., Prasad, M. B., Kumar, M. A., & Kaur, B. D. J. (2015). Scope and review of photovoltaic solar water pumping system as a sustainable solution enhancing water use efficiency in irrigation. *American Journal of Biological and Environmental Statistics*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.11648/j.ajbes.20150101.11>
- Oz-Perú. (2021). *Conductímetro, 2021*. <https://www.oz-peru.com/conductimetro/>
- Perea, M. A., Hernández, E. Q., & Aguilera, U. M. J. (2017). Seguridad en el suministro del agua y energía limpia: Una propuesta de proyecto para los regantes del río Torrox. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(3), 151-158.
- Pérez, L. E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en marcha*, 29(3), 3-14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pérez, T. D., Vázquez, P. A., Pérez, A. O. G., Pérez, P., & Hernández, G. A. (2016). Energy study of the pumping system from the Institute of Animal Science, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(3), 65-71. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15663.94886>
- Poonia, S., Jain, D., Santra, P., & Singh, A. K. (2018). Use of solar energy in agricultural production and processing. *Indian Farming*, 68(9), 104-107. http://www.spc.tn.gov.in/sps-reports/SOLAR_POWER.pdf

Ávila-González *et al.*: Evaluación técnica en condiciones de explotación de la bomba solar LORENTZ para abasto de agua
 Ren21. (2016). *Energías Renovables 2016, Reporte de la situación mundial*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
 Rodríguez, J. S., Espinoza, E., Rosenbuch, J., Ortega, H. O., Martínez, M., Cedano, K. G., & Armenta, M. M. (2017). *La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México* (Primera). ProMéxico, Cooperación Alemana.
 International Renewable Energy Agency (IRENA). (2016). *Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability*. IRENA.
 Universidad Internacional de Riego. (2021). *Consulta sobre el caudal y la presión, 2021*. <https://www.universidadderiego.com/consulta-sobre-el-caudal-y-la-presion/>

Enmanuel Avila González, Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353,
 e-mail: enmanuel.avila@iagric.minag.gob.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5566-585X>
Julián Herrera-Puebla, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: julian.herrera@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1015-6661>
Bernardo Campos Cuní, Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353,
 e-mail: bernardo.wong@iagric.minag.gob.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8266-6575>

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: E. Ávila. **Curación de datos:** E. Ávila, J. Herrera. **Análisis formal:** E. Ávila, J. Herrera, B. Campos. **Investigación:** E. Ávila, J. Herrera, B. Campos. **Metodología:** E. Ávila, J. Herrera. **Supervisión:** E. Ávila. **Validación:** E. Ávila, J. Herrera. **Papeles/Redacción, proyecto original:** E. Ávila, J. Herrera. **Redacción, revisión y edición:** J. Herrera, B. Campos.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. En función de estos objetivos globales y como parte de su misión El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola trabaja para el logro de los 7 objetivos y metas siguientes:

2
HAMBRE CERO

2.4. Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.

4
EDUCACIÓN DE CALIDAD

4.7. De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.

5
IGUALDAD DE GÉNERO

5.5. Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública

5.a. Emprender reformas que otorguen a las mujeres igualdad de derechos a los recursos económicos, así como acceso a la propiedad y al control de la tierra y otros tipos de bienes, los servicios financieros la herencia y los recursos naturales, de conformidad con las leyes nacionales.

6
AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

6.4. De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

6.5. De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.

7
ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

13
ACCIÓN POR EL CLIMA

13.1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.

13.2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

13.3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

15
VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

15.3. Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo.