

Impacto de una Herramienta Pedagógica en el Proceso de Enseñanza de la Energía Solar Térmica

Impact of a Pedagogical Tool in the Teaching Process of Solar Thermal Energy

York Castillo Santiago¹, Guillermo Valencia Ochoa², Marley Vanegas Chamorro³

¹Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, ycastillos@mail.uniatlantico.edu.co

²Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, guillermoevalencia@mail.uniatlantico.edu.co

³Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, marleyvanegas@mail.uniatlantico.edu.co

Fecha de recepción: 05/27/2018 Fecha de aceptación: 08/17/2018



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4742>

Como citar: Castillo Santiago, Y., Valencia Ochoa, G. & Vanegas Chamorro, M. (2018). Impacto de una Herramienta Pedagógica en el Proceso de Enseñanza de la Energía Solar Térmica. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 15 (1), 318-328. DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4742>

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de la implementación de una guía teórica-práctica a los estudiantes del programa de Maestría en Gestión Energética adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, con el fin de desarrollar un conjunto de habilidades cognitivas en el área de la energía solar térmica. Se presentan los resultados del desempeño de los estudiantes en términos de unos criterios estandarizados de calidad, considerando una población de 15 estudiantes en total, tanto para el grupo control como para el grupo experimental, obteniendo mediante la aplicación de una prueba t con un nivel de confianza del 5%, que la guía como herramienta pedagógica si tiene un impacto significativo en el desempeño de los estudiantes del grupo experimental quienes utilizaron la guía para el desarrollo de la experiencia de laboratorio, obteniendo resultados promedios excelentes para los criterios de claridad (4.45), pertinencia (4.92) y precisión (4.78).

Palabras clave: Energía solar térmica, Guía educativa, Práctica de laboratorio, Proceso de enseñanza.

Abstract

This study presents the results of the implementation of a theoretical-practical guide to students of Master program in Energy management assigned to the Universidad del Atlántico, to develop a set of cognitive skills in solar thermal energy. There is also a detailed the results of the students' performance in terms of standardized quality criteria, a population of 15 students was considered in total, both for the control and the experimental group, obtaining by means of the application of a T-Test with a confidence level of 5%, that guide as a pedagogical tool if it has a significant impact on the performance of the students of the experimental group who if used the guide for the development of laboratory experience, obtaining excellent averages results for the criteria of clarity (4.45), relevance (4.92) and precision (4.78).

Keywords: Educative guide, Laboratory practice, Teaching process, Thermal solar energy

1. Introducción

Las prácticas de laboratorio usando equipos didácticos y educativos se han convertido en un instrumento universal e indispensable para la educación en ingeniería [1,2]. La importancia de los laboratorios experimentales y de las habilidades cognitivas necesarias para el ejercicio profesional de la ingeniería ha sido reportada ampliamente [3,4]. De acuerdo con esto, en el área de enseñanza de las energías renovables, el rol que juegan los equipos experimentales ha sido reconocido [5,6].

Ciriminna et al., describen un nuevo enfoque de la educación en gestión energética a través de un curso interdisciplinario de postgrado denominado Lean and Green' que tiene como objetivo formar a gerentes de energía con niveles más altos de eficiencia energética y penetración de energías renovables a través del desarrollo experimental a nivel

académico e industrial [7]. El programa de postgrado analizado en este ejercicio contará con un curso que aborda los aspectos teóricos y prácticos de la conversión y utilización de la energía solar (térmica y fotovoltaica) a través de las tecnologías más asequibles y más extendida, donde lo estudiantes son capacitados para adquirir estrategias y técnicas para abordar los problemas a los que se enfrenta en el laboratorio [8].

Holon Institute of Technology (HIT) desarrolló un programa de Energías Renovables que otorga a los estudiantes aspectos técnicos y prácticos del uso de la energía solar (tecnología y metodología del estudio). Cuenta con un laboratorio considerado de enseñanza e investigación, el cual posee equipos de experimentación para energía fotovoltaica con capacidades de conexión a la red, un kit de experimentación para la energía eólica y equipos para experimentos de energía hídrica. El programa

está operando con un nuevo método de enseñanza experimental que combina las dos metodologías de un laboratorio real y un laboratorio virtual [9]. Por otro lado, la Universidad de Lund, a través de un grupo de investigadores construyó un laboratorio de pequeña escala en Maputo, Mozambique, con investigadores locales. El laboratorio funciona tanto como centro de enseñanza como estación de medición para la investigación de la energía solar para estudiantes de pregrado, maestría y doctorado [10]. Este laboratorio está equipado con un tanque de 250 litros para agua caliente, una bomba de circulación y un medidor de flujo, así como sensores de radiación y de temperatura. Cuenta con un panel solar fotovoltaico y un colector solar térmico, donde los estudiantes pueden observar sus componentes y parámetros medidos en tiempo real tales como la radiación solar, la temperatura ambiente y las temperaturas de entrada y salida del colector.

En Colombia, los laboratorios en el área de energías renovables y en especial de energía solar se han incrementado notablemente en los últimos años, como consecuencia de la aprobación de la ley 697 de 2001, la cual promueve la utilización de las energías renovables, así como el uso racional de la energía. La ley 1715 de 2014 también ha permitido un gran avance en el desarrollo de las energías renovables a nivel nacional, ya que en ella se contempla todo lo concerniente a incentivos tributarios, reglamentación de la compra

de equipos exentos de IVA y aranceles, además de otros beneficios [11].

En Barranquilla, La Universidad de la Costa cuenta con una guía teórica-práctica para sistemas fotovoltaicos con el objetivo de capacitar a sus estudiantes en la manipulación de esta tecnología y otorgarle criterios técnicos para el diseño de estos sistemas [12], mientras que la Universidad de Nariño, plantea soluciones en sistemas fotovoltaicos en 3 comunidades del departamento de Nariño en el sector de educación que permiten la enseñanza y formación cultural en energías renovables [13].

Por todo lo anteriormente planteado, la educación basada en el desarrollo sostenible y en particular la educación en energías renovables a nivel universitario debe cumplir un rol importante en la formación de los nuevos profesionales dedicados a estudiar los problemas técnicos, regulatorios, económicos, financieros, institucionales, políticos y sociales [14]. Sin embargo, aunque en la Universidad del Atlántico se cuenta con un importante potencial de fuentes renovables por su ubicación geográfica [15], no fue hasta el año 2015 con el apoyo del grupo de investigación en Gestión Eficiente de Energía Kaí que se puso en marcha el montaje y puesta en marcha del laboratorio de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) que presta los servicios de capacitación académica y tecnológica a los estudiantes en esta área.

Es así, que el principal aporte del presente artículo es evaluar el impacto de una guía

teórico-práctica como estrategia para el aprendizaje de los estudiantes, con el fin de desarrollar las habilidades cognitivas de diseñar y ensamblar sistemas de este tipo, además capacitarlos en las técnicas para solucionar problemas de fallas de estos sistemas.

2. Metodología

En este apartado se presenta una descripción técnica del equipo de entrenamiento solar térmico, además de presentación de la herramienta educativa utilizada para el desarrollo de las competencias de aprendizaje de los estudiantes.

2.1 Descripción de los equipos

El sistema solar térmico en lazo abierto como se muestra en la Figura 1, permite la solución por parte de los estudiantes de los problemas planteados en la guía teórica-práctica. El sistema consta de dos colectores solares (1), un panel solar fotovoltaico (2), una bomba solar DC (3), una bomba AC (4), un controlador digital (5), un tanque de almacenamiento (6) y diferentes tipos de válvula tales como de bola (7), venteo (8), solenoide (9), entre otras. El sistema solar térmico fue configurado inicialmente y probado en varias oportunidades para la redacción de las prácticas.

El simulador solar tal como se muestra en la Figura 2, consta de dos lámparas halógenas para los colectores solares (1), dos lámparas de calentamiento para el panel solar fotovoltaico (2) y la estructura de soporte (3).

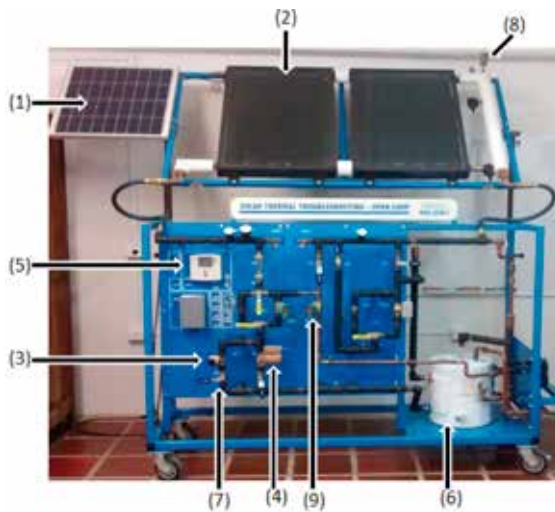


Figura 1. Componentes del sistema solar térmico.

Fuente: Los autores.

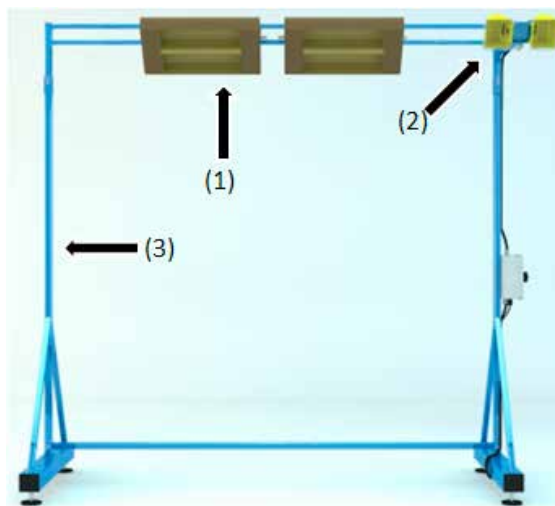


Figura 2. Componentes del simulador solar

Fuente: Los autores.

2.2 Guía teórico-práctica en energía solar térmica

La guía teórico-práctica elaborada, se ha estructurado en cuatro capítulos, que cuentan con diez prácticas

experimentales a desarrollar, las cuales están explicadas de manera didáctica para un fácil desarrollo por parte de los estudiantes. En el primer capítulo se presenta el sistema ensamblado, sus componentes y los conceptos básicos necesarios para entender el sistema. Seguidamente, en el segundo capítulo, se presenta de manera detalla los aspectos técnicos de cada componente cuyas fallas son estudiadas de manera experimental. En el tercer capítulo, se presentan un conjunto de prácticas complementarias entre la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica. Finalmente, en el último capítulo se presenta una las experiencias de laboratorio orientadas a la configuración del sistema de control para la regulación del drenaje que se debe realizar en el sistema solar térmico, permitiendo el control de la temperatura del agua de proceso ante un suministro determinado de radiación.

La guía fue desarrollada con un estilo de aprendizaje basado en cuatro modalidades sensoriales como son las auditiva, visual, de lectura y cinestésica (VARK, por sus siglas en inglés) [16], para impartir un curso que combine diferentes estilos de aprendizaje, teniendo en cuenta que, los alumnos participantes en este estudio son egresados de diferentes programas de ingeniería. El objetivo de utilizar la modalidad visual es que los estudiantes puedan apoyarse con el uso de diagramas, gráficos y flujogramas; por su lado, la modalidad de lectura aporta conceptos, glosarios y bibliografía relacionada con la práctica a desarrollar; la modalidad auditiva aporta una

explicación inicial por parte del docente, previa al inicio de la experimentación y finalmente la modalidad cinestésica que permite al estudiante la manipulación del sistema solar térmico [17].

Las prácticas experimentales fueron diseñadas con el objetivo que los estudiantes simulen dos de las principales energías renovables, la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica, así como también que los estudiantes puedan obtener competencias tales como capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos relacionados con el área de energías renovables, toma de decisiones y capacidad de trabajo en equipo. En la parte técnica identificar y seleccionar los componentes más adecuados para el montaje de un sistema solar térmico, así como identificar posibles fallas que se presenten en estos equipos.

Todas las prácticas que hacen parte de la guía teórico-práctica tienen la misma estructura, inicialmente parten de unas generalidades, donde se da una explicación de la temática a partir de los conceptos teóricos, además de la presentación de los objetivos, que muestran el fin al que se quiere llegar al utilizar el sistema solar térmico de lazo abierto, como se muestra en la Figura 3.

Seguidamente se presenta el desarrollo experimental que el estudiante debe realizar paso a paso, los esquemas de conexión y los materiales necesarios para el desarrollo de cada una de las experiencias, como se muestran en la Figura 4.

Cuando alguna práctica en la sección del procedimiento requiera de medición de

Práctica 3. Operación de la bomba solar DC

SECCIÓN 1. GENERALIDADES

1. SISTEMAS IMPULSADOS POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Un sistema de lazo abierto impulsado por energía fotovoltaica, puede utilizar un panel solar fotovoltaico para proporcionar energía eléctrica que encenderá una bomba DC, la cual hace circular el agua potable a través de los colectores solares.

Cuando se expone a la radiación solar, un panel solar se convierte en una fuente de voltaje que proporciona corriente eléctrica a una carga eléctrica, tal como una bomba DC. La corriente eléctrica creada por la célula fotovoltaica es proporcional a la cantidad de radiación solar que recibe. Por lo tanto, la bomba gira mas rápido a medida que aumenta la radiación solar lo que causa un caudal mayor.

Funcionamiento del sistema

Cuando el sol brilla en el panel solar fotovoltaico, el agua comienza a pasar a través de los colectores de forma automática, empieza de forma lenta y luego aumenta la velocidad a medida que el panel solar recibe mas radiación solar.

Debido a que el sistema solo funciona cuando hay suficiente radiación solar sobre el panel para hacer funcionar la bomba, no hay necesidad de un controlador para encender y apagar la bomba.

SECCIÓN 2. OBJETIVOS

- Realizar las conexiones necesarias para conectar el panel solar fotovoltaico a la bomba de corriente directa (DC).
- Entender el funcionamiento de las lamparas halógenas sobre el panel solar fotovoltaico.
- Analizar la relación entre el flujo y la presión en el sistema.

Figura 3. Generalidades y objetivos de una práctica.

Fuente: Los autores.

SELECCIÓN 3. PROCEDIMIENTO

1. Antes de iniciar la practica se debe realizar un arreglo de todas las válvulas de bola que se encuentra en el sistema solar térmico, por lo que los estudiantes debe verificar que las válvulas se encuentran como se muestran en la Figura 1. Esto asegurará que el agua fluya correctamente a través del sistema.



Figura 1. Válvula de bola configurada para una operación de drenaje DC:
 2. Realice los siguientes pasos para encender el sistema solar térmico.
 A. Ubique el cable de poder AC del sistema y colóquelo en el tomacorriente AC.
 B. Suba el interruptor principal de energía hacia la posición ON.

Figura 4. Procedimiento metodológico.

Fuente: Los autores.

SELECCIÓN 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Tabla 1 se puede registrar las mediciones que fueron realizadas lo largo de la práctica, mientras se utilizaba el panel solar fotovoltaico

Paso en la guía	Tipo de medida	Valor
6A	Flujo	(lpm)
6A	Presión	(kPa)
6C	Presión	(kPa)
6D	Presión	(kPa)
6E	Presión	(kPa)

Tabla 1. Valores obtenidos durante la práctica

1. ¿Qué tanta variación se presenta en los valores de flujo y de presión iniciales si encienden las lámparas de calentamiento y las lámparas halógenas al mismo tiempo?
2. ¿Los valores del flujo y de presión iniciales registrados son mayores de cuando se utiliza la bomba AC? En caso de ser afirmativa la respuesta, justifíquela.
3. ¿Por qué los paneles solares transforman la energía solar en corriente directa? ¿Qué se necesita para obtenerla en forma corriente alterna?

Figura 5. Resultados y análisis.

Fuente: Los autores.

cantidades físicas, la guía solicita al estudiante una explicación de la forma de realizar dicha medición, con su respectiva incertidumbre, mientras que en el caso que solo se requiera la observación de algún tipo de fenómeno, el estudiante realizará una descripción del fenómeno, con su justificación.

Finalmente, la Figura 5 muestra el componente práctico de la herramienta educativa, donde los estudiantes deben suministrar los resultados obtenidos en una tabla de mediciones y responder los interrogantes propuestos.

3. Resultados

Con el fin de determinar la pertinencia de la guía teórico-práctica en el manejo del sistema solar térmico, se tomó una muestra de 30 estudiantes del Programa de Maestría en Gestión Energética de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico y se

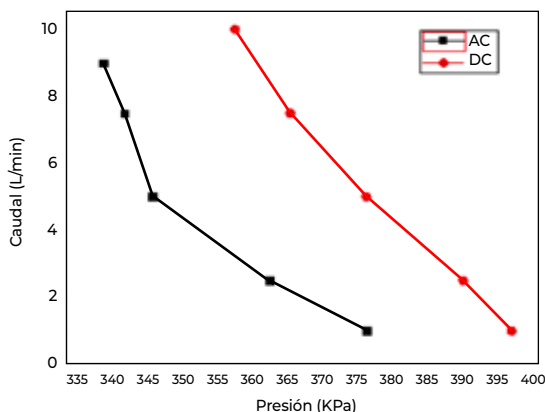


Figura 6. Caudal en función de la presión.

Fuente: Los autores.

dividieron aleatoriamente en 2 grupos, uno denominado grupo control y el otro grupo experimental, los cuales fueron evaluados mediante diseño cuasi-experimental, donde el grupo experimental realizó las dos experiencias con el uso de la guía teórico-práctica, mientras el grupo de control desarrolló las experiencias sin la guía.

La primera práctica que realizaron los estudiantes involucra el funcionamiento de la bomba solar (DC) y la bomba de circulación (AC), en la cual las válvulas ubicadas en el sistema de distribución permitieron asegurar que el agua fluyera correctamente a través del sistema solar térmico. Las variables estudiadas experimentalmente fueron el caudal y la presión de entrada a los colectores para cada una de las bombas tal como se muestra en la Figura 6.

La guía teórico-práctica para el desarrollo de la experiencia de laboratorio ofrece la información necesaria para la correcta operación de las bombas AC y DC, así

como también que permite determinar el arreglo que deben tener las válvulas para cada tipo de bomba y cómo se puede regular el flujo. La correcta determinación de los flujos en los sistemas solares térmicos, permite maximizar la transferencia de calor dentro de los colectores ya sea por la desaceleración del flujo cuando hay poca radiación solar disponible o por el aumento de la velocidad de flujo cuando la radiación aumenta.

La segunda práctica que realizaron los grupos objetos de estudio estuvo orientada a realizar un drenaje automático en el sistema solar térmico, donde se debía programar una variación de temperatura 8°C a través del controlador diferencial de temperatura. Los miembros del grupo experimental contaban con información de gran utilidad para el desarrollo de la práctica, puesto que la guía indicaba como explorar el menú del controlador, como establecer el Set Point para el drenaje automático y de qué forma se debe configurar las lámparas de calentamiento. Es importante mencionar que el controlador energiza a otros componentes del sistema solar térmico, tal como la bomba AC, las 2 válvulas solenoide y la válvula de bola motorizada, por lo que tener una buena conexión en el tablero es fundamental para el buen funcionamiento del equipo.

En el desarrollo de la experiencia los estudiantes podían monitorear por medio del controlador la temperatura al inicio del tubo colector (T1) y en el tanque de almacenamiento (T2), analizando cuanto tiempo se requería para elevar 1°C en un

tanque de almacenamiento con capacidad de 20 litros y en qué momento se realiza el drenaje de acuerdo con el Set Point programado en el controlador. Los perfiles de temperatura de ambos sensores se muestran en la Figura 7, donde se evidencia que por cada 3 minutos se eleva 1°C la temperatura del agua que se encuentra en el tanque.

Luego que ambos grupos terminaron las prácticas, se realizó un análisis estadístico basado en los rendimientos que obtuvo cada estudiante, para los criterios de claridad, precisión y pertinencia, los cuales hacen parte de los estándares de competencia para el pensamiento Crítico [18]. La rúbrica para evaluar las respuestas de los estudiantes de acuerdo con los criterios mencionados y su respectiva escala de calificaciones se muestra en la Tabla 1.

Para el análisis estadístico se realizó una prueba t con un nivel de significancia de 0.05 para dos muestras con varianzas desiguales y una población normal, a

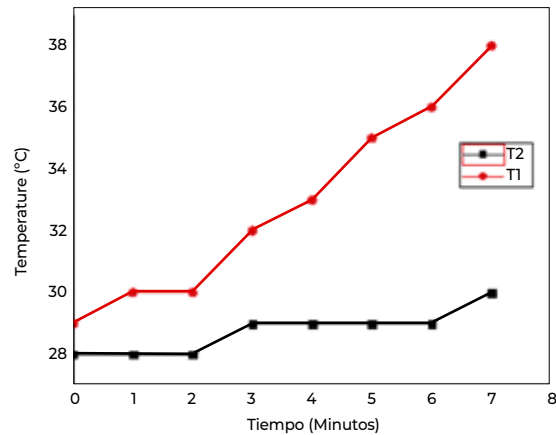


Figura 7. Temperatura del agua en función del tiempo.

Fuente: Los autores.

las respuestas de los estudiantes del grupo control y del grupo experimental como se muestra en la Tabla 1, donde se puede observar según los valores P que la diferencia de medias es significativa, indicando que los grupos presentaron diferentes rendimientos en términos de claridad, precisión y pertinencia, mostrando que después de la realización de las experiencias las poblaciones no eran homogéneas.

Tabla 1. Criterios de evaluación.

Rúbrica para valoración de respuestas		
Criterio	Cumplimiento	Calificaciones
Claridad	La respuesta dada por el estudiante es comprensible o inteligible. Expresa lo comprendido en sus propias palabras. Puede dar ejemplos	Cumplimiento entre 100 y 80%: Excelente. Cumplimiento entre 80 y 60%: Bueno
Precisión	La respuesta dada por el estudiante es específica, presentado detalles que dan a conocer su comprensión del tema.	Cumplimiento entre 60 y 40%: Regular.
Pertinencia	La respuesta dada por el estudiante considera los factores presentando detalles que dan a conocer su comprensión del tema.	Cumplimiento menor a 40%: Deficiente.

Fuente: Escorcía et al., 2017. [19]

Tabla 2. Caudal en función de la presión.

Variables Dependientes	N	Grupo control				
		M	DE	MIN	MAX	ET
Claridad	15	3,6700	0,2140	3,5300	3,9800	0,0522
Precisión	15	3,6900	0,2230	3,5100	4,1200	0,0543
Pertinencia	15	3,7100	0,2180	3,4900	3,9900	0,0512
Variables dependientes	N	Grupo Experimental				
		M	DE	MIN	MAX	ET
Claridad	15	4,4500	0,1010	4,3200	4,8000	0,0234
Precisión	15	4,7800	0,1982	4,4500	4,95	0,0341
Pertinencia	15	4,9200	0,1650	4,6500	5,0000	0,0243

Dónde: N= número de estudiantes, M=Media, DE= Desviación estándar, MIN= nota mínima, MAX= nota máxima, ET= error típico

Fuente: Los autores.

Por lo anterior, de los resultados estadísticos para los datos obtenidos en ambos grupos después de realizar la evaluación del rendimiento de los grupos, se observa que todos los valores de significancia para la prueba T son menores que 0.05, indicando que estadísticamente existe una diferencia entre las calificaciones medias de los grupos, por lo que la guía teórico-práctica tiene un efecto significativo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en los conceptos fundamentales de energía solar térmica, identificación de componentes de sistemas solares y solución de problemas.

Todo esto fue comprobado por medio de un cuestionario VARK [20], el cual se entregó a todos los estudiantes con el objetivo que respondieran con qué método sensorial (visual, auditivo, lectura o cinestésico) se les facilita mejor el

aprendizaje, dando como resultado que un 72% de los estudiantes prefiere una combinación de los cuatro métodos tal como la guía fue elaborada.

4. Conclusiones

- El uso de la guía teórico-práctica brindó explicación fundamental a los estudiantes en las dos experiencias realizadas, lo cual se vio reflejado en que los miembros del grupo experimental lograron identificar de manera inmediata la válvula para regular el flujo en el sistema solar térmico, así como también programar el drenaje automático a un diferencial de temperatura de 8°C. Esto muestra que la educación en ingeniería requiere apoyo de herramientas para lograr impartir muy bien los conocimientos por parte de docentes y mejorar el pensamiento crítico de los estudiantes.

- Cuantitativamente, por medio de la validación de datos y las pruebas t-student se comprobó el impacto de la guía sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes en energía solar térmica, ya que el criterio donde un miembro del grupo control obtuvo su mejor calificación (4.12) no alcanza la calificación más baja del grupo experimental (4.32). Lo anterior también se evidencia en las calificaciones medias ya que en el criterio de calidad el grupo control obtuvo calificación de 3.67 y el experimental 4.45, en precisión 3.69 y 4.78, y en pertinencia 3.71 y 4.92, demostrando que la mayoría de los estudiantes que utilizaron la guía obtuvieron resultados excelentes de acuerdo con la rúbrica de evaluación.
- El desarrollo e implementación de la guía teórica-práctica permitió que los estudiantes de la Maestría en Gestión Energética fortalecieran sus conocimientos en el área de energía solar térmica, obteniendo fundamentos teóricos y técnicos que permitan solucionar problemas de sistemas solares a nivel industrial. Próximamente la guía se implementará a los estudiantes de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico con el objetivo de crear una cultura en energías renovables en los jóvenes, así como también desarrollar habilidades útiles para su etapa profesional.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad

del Atlántico por el apoyo al proyecto “Diseño, implementación y puesta en marcha de un laboratorio de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) en la Universidad del Atlántico” en la convocatoria Impacto Caribe, además al grupo de investigación en Gestión Eficiente de Energía, Kaí. De igual manera, los autores agradecen a Colciencias y la UPME por la financiación del proyecto “Desarrollo e implementación de un programa integral de evaluación y aprovechamiento del recurso eólico y solar en la región Caribe Colombiana con énfasis en la Guajira” mediante el contrato 0640 de 2013.

Referencias

- [1] Lavrinenko, S., Yankovsky, S., Cubin, V., Larionov, K. (2015). Increase of Engineering Students Training Level, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 206, 278–283.
- [2] Leite, L., Dourado, L. (2013). Laboratory Activities, Science Education and Problem-solving Skills. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 106, 1677–1686.
- [3] Ionescu, D. (2015). The Importance of Working Integrated Learning and Relevant Laboratory Experiments in Engineering Teaching, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 174, 2825–2830.
- [4] Park, J. J., Choe, N. H., Schallert, D. L., Forbis, A. K. (2017). The chemical engineering research laboratory as context for graduate students’ training: The role of lab structure and cultural climate in collaborative work, *Learn. Cult. Soc. Interact.*, 13, 113–122.

- [5] Skoko, S. M., Ciric, R.M. (2017). Laboratory exercises of photovoltaic systems—Review of the equipment, methodology, trials and results, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 79, 293–303.
- [6] Martin, S.S., Chebak, A. (2016). Concept of educational renewable energy laboratory integrating wind, solar and biodiesel energies, *Int. J. Hydrogen Energy*, 41 (45), 21036–21046.
- [7] Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Pecoraino, M., Pagliaro, M. Reshaping the education of energy managers, *Energy Res. Soc. Sci.*, 21, 44–48.
- [8] Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Pecoraino, M., Pagliaro, M. (2016). Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 63, 13–18.
- [9] Friman, H. (2017). New Trends in the Higher Education: Renewable Energy at the Faculty of Electrical Engineering, *Energy Procedia*, 115, 18–28.
- [10] Davidsson, H., et al. (2014). Construction of Laboratories for Solar Energy Research in Developing Countries, *Energy Procedia*, 57, 982–988.
- [11] Congreso de Colombia. Ley No. 1715, Consultado 12 noviembre 2017, En: http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/LEY_1715_DEL_13_DE_MAYO_DE_2014.pdf.
- [12] Ariza Rodríguez, J., Ospino Castro, A., Ospino, R., Vanegas, M. Guía teórico-práctica para el laboratorio de fuentes renovables en sistemas fotovoltaicos. Consultado 12 noviembre 2017, En: <http://www.upme.gov.co:81/sgic/?q=content/guía-teórico-práctica-para-el-laboratorio-de-fuentes-renovables-en-sistemas-fotovoltaicos>.
- [13] Revelo, J., Peluffo, D., and Ramírez, C. (2015). Educación y Formación Cultural en Fuentes de Energía Alternativa para el Departamento de Nariño. Editor. Unimar, 92–99.
- [14] Sawin, J. (2015). “Renewables 2015 Global Status Report,” REN 21, París.
- [15] UPME. (2012). “Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales,” SI3EA, Bogotá.
- [16] Fleming, N. D., Mills, C. (1992). “Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection, *To Improv. Acad.*,” 11 (1), 137–155.
- [17] Ictenbas, B. D., Eryilmaz, H. (2011). Determining learning styles of engineering students to improve the design of a service course,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 28, 342–346.
- [18] Paul, R., Elder, L. (2005). Estándares de Competencia para el Pensamiento Crítico. Fundación para el Pensamiento Crítico, Tomales.
- [19] Escorcía, D., Obregón, L., Valencia, G. (2017). Software Educativo y Guía Teórico-Práctica como Estrategia Pedagógica para promover el aprendizaje significativo de los Procesos de Acondicionamiento de Aire en Ingeniería, *Rev. Espac.*, vol. 38 (5), 15.
- [20] Sámano, R., Preciado, E. El Cuestionario VARK, Consultado 12 noviembre 2017, En: <http://vark-learn.com/el-cuestionario-vark/>