

Implementación de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

Eliezer del Jesús Casado Ramírez¹

ecasados@itsescarcega.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8059-984X>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Escárcega
México

José Luis Guillen Taje

taje@itsescarcega.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9226-872X>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Escárcega
México

Blanca del Rosario Martín Canché

blanca_martin@itsescarcega.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2958-4444>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Escárcega
México

Abimael Naal Ocampo

ocampo_ier@itsescarcega.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3993-288X>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Escárcega
México

Guillermina Velasco Viveros

velasco@itsescarcega.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0002-8789-1725>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Escárcega
México

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar, construir e implementar un módulo didáctico para el aprendizaje del sistema fotovoltaico autónomo (SFA), dicho módulo fue elaborado por estudiantes de quinto semestre de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega (ITSE). Con el módulo didáctico para el aprendizaje del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) se realizaron las practicas siguientes: Conexiones en serie y paralelo de módulos fotovoltaicos; Conexiones en serie y paralelo de baterías; Medición de variables eléctricas; Cálculo y dimensionamiento de un SFA. Para llevar a cabo las practicas anteriores se tuvo que elaborar un manual de prácticas donde se les daba a los estudiantes las instrucciones necesarias para realizarlas, con la finalidad que los estudiantes tuvieran un aprendizaje autónomo, con la mínima intervención del docente. La elaboración del módulo didáctico se realizó bajo el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos, llevándose a cabo en cinco etapas: el planteamiento del problema; diseño del módulo didáctico; desarrollo del módulo didáctico; implementación del módulo didáctico; evaluación del proyecto. El desarrollo del módulo didáctico para el aprendizaje del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) en conjunto con las practicas propuestas permitió que los estudiantes adquirieran conocimientos teóricos y prácticos sobre los SFA, así como también permitió que los estudiantes adquirieran habilidades sobre investigación, soldadura y uso de herramientas.

Palabras clave: módulo didáctico; sistema fotovoltaico autónomo; aprendizaje basado en proyectos

¹ Autor principal
Correspondencia: ecasados@itsescarcega.edu.mx

Implementation of a Didactic Module for the Learning of Autonomous Photovoltaic Systems

ABSTRACT

The objective of this work was to design, build and implement a didactic module for learning the autonomous photovoltaic system (SFA), said module was prepared by fifth semester students of the Renewable Energy Engineering degree at the Higher Technological Institute of Escárcega (ITSE). With the didactic module for learning the autonomous photovoltaic system (SFA), the following practices were carried out: Series and parallel connections of photovoltaic modules; Series and parallel connections of batteries; Measurement of electrical variables; Calculation and sizing of an SFA. To carry out the previous practices, a practice manual had to be prepared where the students were given the necessary instructions to carry them out, with the aim that the students had autonomous learning, with minimal intervention from the teacher. The development of the teaching module was carried out under the Project Based Learning approach, carried out in five stages: the formulation of the problem; design of the teaching module; development of the didactic module; implementation of the didactic module; Project evaluation. The development of the didactic module for learning the autonomous photovoltaic system (OSS) in conjunction with the proposed practices allowed students to acquire theoretical and practical knowledge about OSS, as well as allowing students to acquire skills on research, welding and use of tools.

Keywords: didactic module; autonomous photovoltaic system; project based learning

*Artículo recibido 25 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 30 diciembre 2023*

INTRODUCCIÓN

En el plan de estudio de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del ITSE se imparten asignaturas que abordan temas de los diferentes tipos de energías renovables como son: solar, eólica, biomasa, biocombustibles entre otras, las cuales pretenden proporcionar a los estudiantes los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para que sean de utilidad en su campo laboral.

Sin embargo, la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del ITSE no cuenta con un laboratorio de prácticas, por lo que no permite que los estudiantes adquieran conocimientos prácticos o puedan entender mejor los conceptos teóricos relacionados sobre las energías renovables abordados en clases. Para poder lograr que los estudiantes entiendan los conocimientos teóricos y desarrollen los conocimientos prácticos, sería recomendable el contar con módulos didácticos de enseñanza-aprendizaje.

Un módulo didáctico sería de gran utilidad en la asignatura de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos, en la que uno de sus temas tiene como competencia específica interpretar los principios de funcionamiento, eficiencia y rendimiento de las celdas y paneles solares, así como las normas de su construcción, montaje y mantenimiento para diseñar, dimensionar y seleccionar una planta eléctrica fotovoltaica. Dicha asignatura se imparte en quinto semestre y por lo general los estudiantes solo adquieren conocimientos teóricos, quedando carentes de conocimientos prácticos sobre los sistemas fotovoltaicos autónomos.

Un módulo didáctico es una herramienta empleada en el proceso de enseñanza -aprendizaje, quien tiene todos los elementos necesarios para que el estudiante adquiera conocimiento y habilidades con o sin la observación continua del docente (Vega, 2011 citado en Agila, 2013).

Un módulo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de los sistemas fotovoltaicos autónomos representa una estrategia para que los estudiantes adquieran los contenidos teóricos y prácticos sobre energía solar fotovoltaica. Con el diseño e implementación de un módulo didáctico se busca que el estudiante adquiera experiencia el análisis, diseño, construcción e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo.

De Herrera et al (2019) se puede decir que un módulo didáctico de sistemas fotovoltaicos autónomos, permiten una aproximación conceptual y práctica a los desempeños de ingenieros en el diseño,

simulación, instalación, inspección, puesta en marcha, almacenamiento, monitoreo y uso final de la energía.

La energía solar fotovoltaica consiste en convertir la radiación solar del sol en electricidad, la cual se lleva a cabo mediante células solares, unidad básica donde se produce el efecto fotovoltaico. Esta energía puede ser empleada en gran gama de aplicaciones donde se requiera generar electricidad, ya sea para satisfacer las necesidades energéticas donde no hay red eléctrica o para generar energía eléctrica para devolverla a la red eléctrica (Abella, 2005).

Los elementos básicos de un sistema fotovoltaico autónomo son: paneles solares, regulador, batería, inversor, conductores eléctricos y elementos protección. De los cuales elementos mencionados anteriormente cada uno tiene las funciones siguientes: los paneles solares son los encargados de generar la energía eléctrica; el regulador es el responsable de controlar la energía producida por los paneles solares, la carga del acumulador y de la energía consumida por los equipos; la batería es quien acumula la energía producida por los paneles solares; el inversor es el que convierte la energía eléctrica continua de la batería a energía eléctrica alterna; los conductores eléctricos transmiten la energía producida de los paneles solares a los demás elementos del sistema fotovoltaico; y los elementos de protección son los encargados de proteger los elementos del sistema en caso que se produzca una sobre producción de energía (Style, 2012).

Los SFA tienen como propósito satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de aquellos lugares que no cuentan con una red eléctrica de distribución o están en un lugar de difícil acceso, algunos de estos sistemas cuentan con sistemas de acumulación de energía para ser ocupada durante la noche momento en que los paneles solares no generan energía eléctrica. Este tipo de sistemas se emplea para electrificar sistemas de bombeo de agua, cercos eléctricos, pequeñas casas, etc. (Méndez et al, 2007).

El Aprendizaje Basado en Proyecto (ABPr) se ha vuelto un modelo pedagógico beneficioso para la enseñanza en los programas de ingeniería, donde los estudiantes trabajan en dar solución a un problema planteado de manera individual o grupal bajo un tipo de instrucción que propicia la investigación, integrar la teoría con la práctica, y aplicar los conocimientos y habilidades para obtener una solución (Rodríguez et al, 2010; Toledo y Sánchez, 2018).

De acuerdo con Rekalde y García (2015) el papel del docente es:

- Ser un guía u orientador de las actividades que realiza el estudiante
- En productor y facilitador del aprendizaje independiente
- Fomenta la indagación durante el desarrollo del proyecto

De Fernando 2017; Macías et al 2018; Zambrano et al 2022, se puede decir que el ABPr tiene las características siguientes:

- Integra conocimientos diversos
- Propicia el aprendizaje autónomo
- Aumenta la motivación de los estudiantes por aprender
- Se basa en el aprendizaje experiencial
- Propicia el trabajo colaborativo

Implementar el ABPr en los cursos, proporciona una experiencia de aprendizaje que sumerge al estudiante en proyecto complejo y significativo, desarrollando sus capacidades, habilidades, actitudes y valores. Estimula en los estudiantes el desarrollo de habilidades para resolver problemas reales, motivándolos a aprender, así como también propicia la investigación, indagación, planteamiento y comprobación de hipótesis, llevando en práctica sus habilidades en una situación real que satisface una necesidad social (Maldonado, 2008).

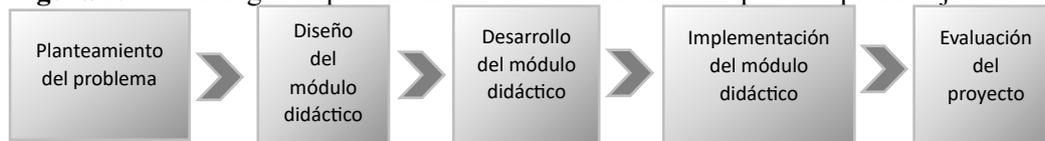
El ABPr tiene que ser aplicado bajo un método del cual según Cobos y Valdivia 2017; Lloscos (2015) y Malpartida (2018) citados en Zambrano et al 2021 puede ser el siguiente: Selección del tema; Análisis del contenido de las materias a participar; Planteamiento del problema y su organización; Investigación sobre el tema; Definición de los objetivos y plan de trabajo; Implementación; y Presentación y evaluación de los resultados; y Reflexión de los logros, fallos o errores cometidos.

El objetivo del presente trabajo fue el de diseñar, construir, implementación un módulo didáctico para la enseñanza de SFA, con el fin de garantizar el aprendizaje de conocimientos teórico y práctico sobre SFA en los estudiantes de quinto semestre de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del Instituto Tecnológico Superior Escárcega.

METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó con 12 estudiantes de quinto semestre de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega (ITSE), ubicado Municipio de Escárcega, Campeche. Dicho estudio se llevó a cabo bajo un enfoque cualitativo descriptivo. Las etapas del desarrollo del módulo didáctico para el aprendizaje de los SFA se muestran en la figura 1, cabe mencionar que las etapas de nuestro estudio se plantearon tomando en cuenta la metodología del ABPr.

Figura 1. Metodología empleada en el desarrollo del módulo para el aprendizaje de SFA.



Etapas 1. Planteamiento del problema

Esta etapa consistió en plantearles a los estudiantes la necesidad de construir un módulo didáctico para el aprendizaje de SFA. Posteriormente se les proporciono los requerimientos técnicos del mismo.

Etapas 2. Diseño del módulo didáctico

En esta etapa se les solicito a los estudiantes el diseño 3D del módulo didáctico del SFA hecho en Dialux.Evo. Se solicitó a los estudiantes en el empleo del Dialux.Evo ya que es software que no requiere licencia de paga y además va hacer de utilidad en las próximas asignaturas a cursar.

Etapas 3. Desarrollo del módulo didáctico

En esta etapa los estudiantes elaboraron el módulo didáctico para la enseñanza de los SFA, esta tarea estuvo siempre bajo la supervisión de un docente ya que implicaba el uso de herramientas de corte y soldadura.

Etapas 4. Implementación del módulo didáctico.

En esta etapa se diseñaron 4 prácticas para el empleo del módulo didáctico, los temas relacionados SFA que se abordan son: Conexiones en serie y paralelo de módulos fotovoltaicos; Conexiones en serie y paralelo de baterías; Medición de variables eléctricas; Cálculo y dimensionamiento de un SFA. Para la implantación de dichas prácticas se formaron 3 equipos de 4 integrantes cada uno, donde se le proporciono las indicaciones de dichas prácticas.

Etapa 5. Evaluación del proyecto

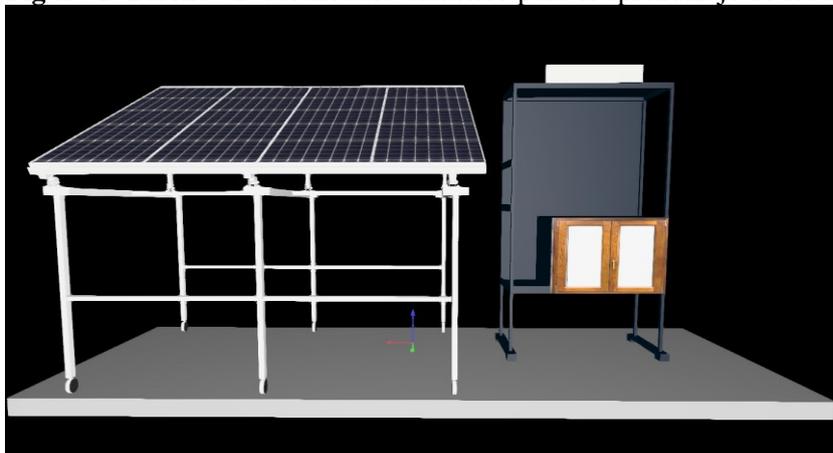
En esta etapa se evaluó la realización del proyecto, por lo que el estudiante realizó una presentación oral del proceso de elaboración del módulo didáctico, así como también se evaluaron los conocimientos teóricos y prácticos que los estudiantes fueron adquiriendo durante el desarrollo de las prácticas. Una vez evaluada la presentación oral del proyecto del módulo didáctico y los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes, se les aplicó una encuesta de percepción sobre el desarrollo e implementación del módulo didáctico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la etapa 1 los estudiantes aclararon todas sus dudas sobre la elaboración del módulo didáctico para el aprendizaje de los SFA y comprendieron la importancia de realizarlo.

En la etapa 2 los estudiantes realizaron tomando en cuenta los requerimientos técnicos (emplear por lo menos dos paneles solares y dos baterías de 12 volts) el diseño 3D del módulo didáctico para el aprendizaje de los SFA (ver figura 2). Este diseño estaba compuesto por dos partes, el primero por un soporte móvil para cuatro paneles solares y el segundo un gabinete que contiene los elementos del SFA (2 baterías, un inversor, un controlador y conectores).

Figura 2. Diseño 3D del módulo didáctico para el aprendizaje de los SFA



En la etapa 3 los estudiantes desarrollaron el módulo didáctico para el aprendizaje de SFA, para lo cual ocuparon los materiales que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales empleados en la construcción del módulo didáctico para la enseñanza de SFA

Cantidad	Unidad	Material
2	Piezas	Baterías de 12 volts de la marca CALE
4	Piezas	Panel solar de la marca ASTRONERGY de 150 watts (18.3 volts y 8.20 Amperes)
1	Piezas	Inverso de 1500 watts de la POWER INVERTER
4	Piezas	Ruedas con giro de 360° de 4 pulgadas de diámetro
1	Piezas	Interruptor termo magnético de corriente directa
1	Pieza	Contacto para 110 volts
1	Pieza	Controlador MPPT de 12/24 volts de 40 amperios de la marca CONNERA
10	Metros	Cable fotovoltaico del número 12
3	Pizas	PTR negro de 1.5 pulgadas
3	Piezas	PTR negro de 1 pulgada
4	Litros	Pintura negra
3	Piezas	Focos de 10 watts y 110 volts.
1	Pieza	Apagador tipo tortuga

El desarrollo del módulo didáctico para la enseñanza de SFA permitió que los estudiantes adquirieran habilidades prácticas como el uso de herramientas especializadas y el de soldar (ver figura 3, 4 y 5). Por otro lado, también les permitió poner en práctica los conocimientos teóricos, ya que gracias a estos los estudiantes pudieron construir los circuitos eléctricos de los focos de corriente alterna, realizar las conexiones de los componentes del SFA, entre otros.

La estructura metálica que soporta los paneles solares cuenta con unas dimensiones 3.25 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.6 m de alto, mientras que los paneles fotovoltaicos tienen una dimensión de 1.5 m de largo por 0.8 de ancho. A los estudiantes les llevo 2 meses el desarrollo en físico de las dos partes del módulo de enseñanza de SFA.

Figura 3. Estudiante soldando la estructura donde se colocan los paneles



Figura 4. Estudiantes realizando las perforaciones de los soportes de los paneles solares



Figura 5. Estudiantes pintado y armado el soporte de los paneles fotovoltaicos



En la etapa 4 la implementación, se ejecutaron las 4 practicas programadas, de la primera practica denominada “Conexiones en serie y paralelo de módulos fotovoltaicos” permitió que los estudiantes conocieran las diferencias fisicas entre uno y otro tipo de conexión de los módulos fotovoltaicos (ver figura 6).

Figura 6. Montaje y conexión en serie o paralelo de los paneles fotovoltaicos



La practica 2 “Conexiones en serie y paralelo de baterías” permitió que los estudiantes realizaran la conexión en serie o paralelo de las baterías (ver figura 7), comprobando así los conocimientos teóricos aprendidos en clases (ver tabla 2).

Tabla 2. Variables eléctricas medidas en las conexiones en serie o paralelo de los paneles fotovoltaico

Tipo de conexión de la batería	Voltaje	Amperaje
En serie	$V_t = V_1 + V_2$	$I_t = I_1 = I_2$
	$V_t = 12 + 12$	$A_t = 8.20$ Ampere
	$V_t = 24$ volts	
En paralelo	$V_t = V_1 = V_2$	$I_t = I_1 + I_2$
	$V_t = 12$ volts	$A_t = 16.40$ Ampere

Figura 7. Montaje y conexión en serie o paralelo de las baterías fotovoltaicos



En la practica 3 “Medición de variables eléctricas” los estudiantes realizaron las mediciones de las variables de voltaje, amperaje y potencia eléctrica de capa tipo de circuito, permitiendo comprobar lo aprendido teóricamente (ver figura 8). Los conceptos teóricos que verificaron se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Variables eléctricas medidas en las conexiones en serie o paralelo de los paneles fotovoltaico

Tipo de conexión de los paneles solares	Variable		
	Voltaje	Amperaje	Potencia
Serie	$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$	$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$	$P = VI$
	$V_t = 18.3 + 18.3 + 18.3 + 18.3$	$A_t = 8.20$ Ampere	$P = 73.2 \times 9.80 =$
	$V_t = 73.2$ volts		$P = 600.24$ watts
Paralelo	$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$	$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$	$P = VI$
	$V_t = 18.3$ volts	$A_t = 8.20 + 8.20 + 8.20 +$	$P = 41 \times 39.2 =$
		8.20	$P = 1607.2$ watts
		$A_t = 32.8$ Ampere	

Figura 8. Medición de las variables eléctricas de los paneles fotovoltaicos



En la practica 4 “Cálculo y dimensionamiento de un SFA” a los estudiantes se les planteo una situación de la vida real donde el consumo energético era de 400 watts y 16 Amperes. Los estudiantes una vez sabiendo que tenían que armar el módulo didáctico para el aprendizaje SFA para satisfacer el consumo energético mencionado anteriormente y contando con controlador MPPT de la marca CONNERA con las características que se muestran en la tabla 4 realizaron su propuesta de diseño.

Tabla 4. Características del controlador MPPT CONNERA

Descripción	Parámetro
Corriente de carga nominal	40 Ampere
Máxima potencia de entrada del sistema fotovoltaicos	520 watts/ 12 volts
	1040 watts/ 24 volts
Rango de voltaje del MPPT (vcd)	75 Volts

Los estudiantes decidieron realizar una conexión en serie de 3 panes solares cuyos valores se muestran en la tabla 5. Estos valores satisfacían las necesidades solicitadas por lo que procedieron a adecuar el módulo didáctico de enseñanza de SFA (ver figura 9).

Tabla 5. Valores de voltaje y amperaje del arreglo en serie de 3 paneles solares.

Tipo de conexión de los paneles solares	Variable		
	Voltaje	Amperaje	Potencia
Serie	$V_t = V_1 + V_2 + V_3$	$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$	$P = VI$
	$V_t = 18.3 + 18.3 + 18.3$	$A_t = 8.20 \text{ Ampere}$	$P = 73.2 \times 9.80 =$
	$V_t = 54.9$		$P = 450.18 \text{ watts}$

Figura 9. Estudiantes armando el módulo didáctico para el aprendizaje de SFA según las necesidades planteadas



Cabe mencionar que este módulo de enseñanza de un SFA sirvió para que los estudiantes replicaran lo aprendido en las escuelas preparatorias, esto como propuesta de difusión de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables con el propósito de captación de estudiante de nuevo ingreso (ver figura 10).

Figura 10. Uso del módulo de enseñanza de SFA en actividades de difusión.



En la etapa de evaluación se evaluaron a los estudiantes en 4 momentos, los cuales fueron primer avance del proyecto, segundo avance del proyecto, realización de las prácticas y presentación final del módulo didáctico para el aprendizaje de SFA.

Con el propósito de conocer la percepción de los estudiantes sobre el módulo didáctico para el aprendizaje de SFA, se le aplicó un cuestionario para recopilar y analizar sus experiencias. El cuestionario está compuesto por cuatro preguntas con respuestas en una escala Likert. A continuación, se presentan los resultados.

Figura 11. Resultados obtenidos de la pregunta 1.

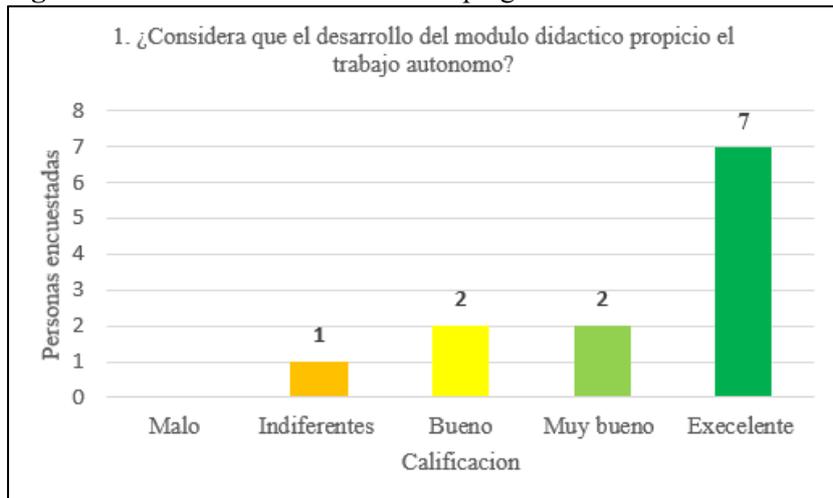


Figura 12. Resultados obtenidos de la pregunta 2.

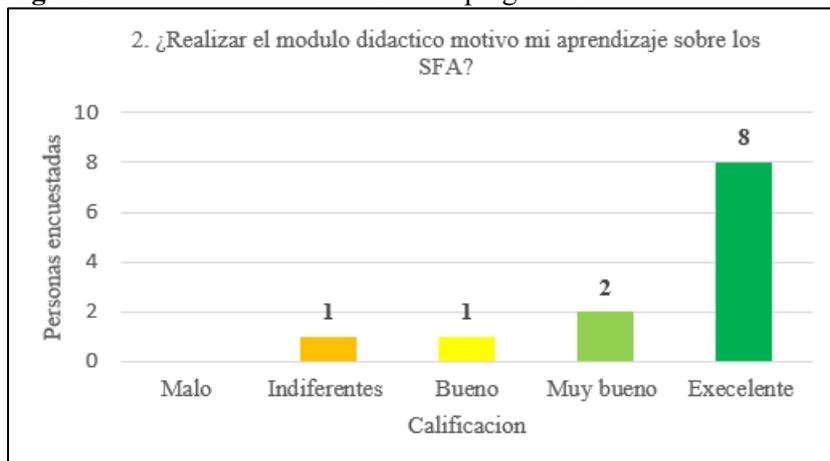


Figura 13. Resultados obtenidos de la pregunta 3.

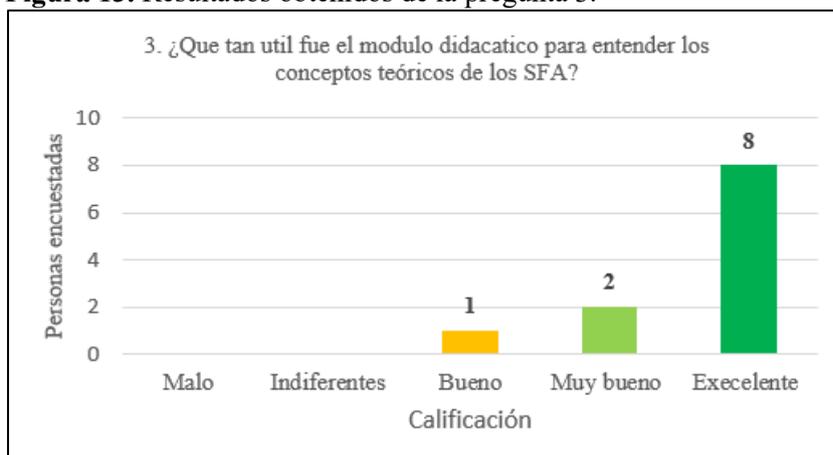
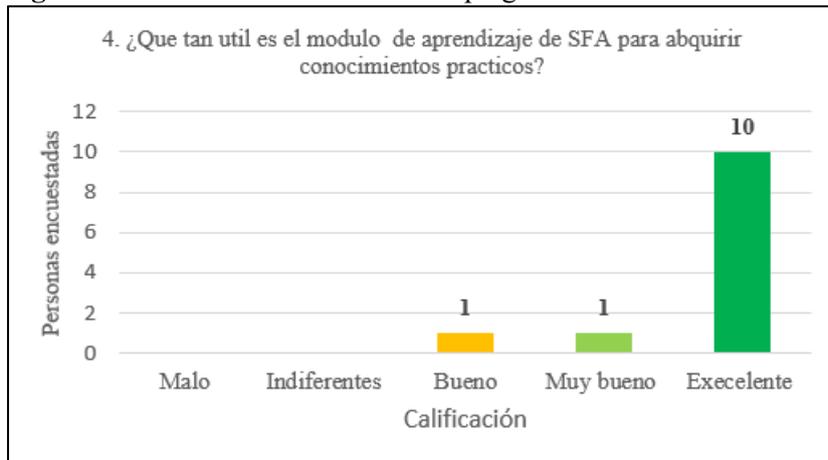


Figura 14. Resultados obtenidos de la pregunta 4.



De los resultados obtenidos en el cuestionario se puede ver claramente en las figuras 11, 12, 13 y 14 que el módulo didáctico para el aprendizaje de los SFA fue adecuado para que los estudiantes adquirieran conocimientos teóricos y prácticos sobre los SFA

En acuerdo con Vilcatoma y Bustamante (2008) se puede decir que los módulos didácticos propician y facilitan la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, generando cambios en ellos. Y en nuestro caso esto se puede ver reflejado en el momento que los estudiantes se emergieron cada vez más en el desarrollo del módulo de enseñanza su disposición fue mayor.

Este módulo didáctico al igual que el diseñado por Rúa et al (2021) se puede aprender a diseñar, dimensionar, seleccionar e instalar los componentes de un SFA. El módulo didáctico para la enseñanza de SFA servirá para realizar prácticas que permitan comprender los conocimientos teóricos y adquirir habilidades prácticas. Concordando con Herrera et al (2019) otro beneficio de haber implementado el módulo didáctico para el aprendizaje de SFA es que permite plantearles contextos que se aplican en la vida real, despertando así el interés y motivación de los estudiantes.

Sin embargo, al igual que otros estudios como el de Bermúdez (2018); Rúa et al 2021, entre otros es importante realizar los manuales de prácticas, para que los estudiantes mediante estos pueden hacer con facilidad las prácticas de forma sencilla y segura, aportando al aprendizaje de conocimientos teóricos y técnicos.

CONCLUSIONES

El diseño, desarrollo e implementación del módulo didáctico para la enseñanza de los SFA permitió que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega adquirieran conocimientos teóricos y prácticos sobre los SFA.

El desarrollo del módulo didáctico para la enseñanza de los SFA se llevó a cabo bajo el enfoque de Aprendizaje Baso en Proyectos, el docente solo fue un guía logrando así que los estudiantes fueran más autónomos en su aprendizaje, así como los motivo para querer aprender sobre los SFA.

El módulo didáctico para la enseñanza de los SFA será de utilidad para la carrera de ingeniería de Energía Renovables en los próximos semestres, ya que mediante su empleo en el desarrollo de prácticas permitirá que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos teóricos sobre SFA vistos en clases. Aunque con el módulo didáctico para la enseñanza de los SFA se busca que el estudiante ponga en práctica los conocimientos teóricos vistos en clases de una manera autónoma, las practicas deberían ser supervisadas por el docente ya que estos tipos de módulos didácticos tienen componentes eléctricos que al ser mal conectados pueden ser quemados generando así costos por su reposición o en el peor de los casos pueden provocar daños físicos a los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agila, C. (2013). Diseño de un módulo didáctico para prácticas de neumática en el laboratorio de control industrial de la carrera de educación técnica de la facultad de filosofía, letras y ciencias de la educación de la universidad central del ecuador durante el período febrero - julio 2013. [Tesis de licenciatura]. Universidad Central del Ecuador.
- Bermúdez, L. (2018). Diseño e implementación de un sistema didáctico de entrenamiento en generación de energía fotovoltaica para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad de Pamplona. [Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4568>
- Cobo, G. y Valdivia, S. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. Abella, M. (2005). Sistemas fotovoltaicos. SAPT Publicaciones Técnicas, SL.
- Fernández, M. (2017). Aprendizaje basado en proyectos en el ámbito universitario: una experiencia de innovación metodológica en educación. International Journal of Developmental and Educational

- Psychology. Revista INFAD de Psicología, 2(1), 269–278.
- Herrera, F., Amórtégui, F., Nova, D., Martínez, J. y Santos, D. (2019). Plantas fotovoltaicas didácticas: proceso de aprendizaje en un panorama emergente de energías renovables. Segundo Congreso Latinoamericano de Ingeniería. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.
- Macías, A., Sánchez, M. y Prado, M. (2018). Evaluación de la implantación de aprendizaje basado en proyectos como herramienta para el estudio de la economía de la empresa. Journal of Management and Business Education. 1(3), 190-209.
- Maldonado, M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. Laurus, 14(28), 158-180.
- Méndez, J., Cuervo, R. y ECA instituto de Formación y Capacitación S.A.U. (2007). Energía solar fotovoltaico. Fundación Confemental
- Rekalde, I. y García, J. (2015). El aprendizaje basado en proyectos: un constante desafío. Innovación educativa, (25), 219-234.
- Rodríguez, E., Vargas, É. y Luna, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". Educación y Educadores, 13(1), 13-25.
- Rúa, E., Mendoza, I., Torres, E., Flórez-Serrano, E., & Serrano-Rico, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. Revista UIS Ingenierías, 20(2), 1–10. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021001>
- Style, O. (2012). Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo. Oliver Style.
- Toledo P. y Sánchez, J. (2018) Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria. Profesorado, 22(2), 471-491.
- Vilcatoma, A. y Bustamante, D. (2008). Módulo didáctico para el aprendizaje de electromagnetismo en alumnos del quinto grado de secundaria de la especialidad de electricidad de la ie politécnico regional del centro–el tambo. Prospectiva Universitaria, 5(1), 79-83.
- Zambrano, M., Hernández, A. y Mendoza, K. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. Revista Conrado, 18(84), 172-182.