

Diseño de un módulo de entrenamiento de sistemas fotovoltaicos para la formación en electromecánica

Valdivia-Montalvo Manuel¹; Guzmán-Vázquez Alberto²; Palantoc-Quixtiano, Juan Manuel³; Cruz-Alejo, Víctor⁴; Gonzalez-Palantoc Fernando⁵; Morales-Flores, Miguel Ángel⁶; Morales-Flores, José Antonio⁷.

Estudiantes del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan ¹⁻⁵.

Profesores del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan ^{6 y 7}.

prof_joseantoniomorales@ajalpan.tecnm.mx

Resumen - El rápido crecimiento del sector de la energía fotovoltaica (FV) ha generado un aumento en la demanda de personal capacitado. Estudios han identificado un desbalance entre las competencias que exige la industria fotovoltaica y la formación de los egresados de ingeniería. Agregado a eso, la expansión mundial de la energía solar y los objetivos de capacidad instalada en la actualidad proyectan la necesidad de nuevos puestos de trabajo en los próximos tiempos. Ante este panorama se propone el diseño de un módulo didáctico de entrenamiento que combine hardware fotovoltaico de baja potencia, instrumentación y una estructura de inclinación ajustable. El módulo permite al estudiante medir las curvas características (corriente-tensión y potencia-tensión) de un sistema fotovoltaico aislado, conectar sus componentes (panel, controlador de carga, batería e inversor) y analizar el efecto del ángulo de inclinación sobre la potencia generada. El diseño se fundamenta en marcos pedagógicos reconocidos como ADDIE y TPACK y se inspira en experiencias de laboratorios para proponer un dispositivo compacto y asequible. Se describen los componentes del módulo, las prácticas de aprendizaje y la metodología de implementación y se discute su impacto esperado en la mejora de la comprensión de temas teóricos de sistemas fotovoltaicos aislados.

Índice de Términos – ADDIE, energía solar, entrenamiento fotovoltaico, laboratorio educativo, módulo de entrenamiento, TPACK.

DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM TRAINING MODULE FOR ELECTROMECHANICAL TRAINING

Abstract: The rapid growth of the photovoltaic (PV) energy sector has led to an increase in demand for trained personnel. Studies have identified a mismatch between the skills required by the photovoltaic industry and the training of engineering graduates. Added to this, the global expansion of solar energy and current installed capacity targets point to a need for new jobs in the near future. Given this scenario, we propose the design of a training module that combines low-power photovoltaic hardware, instrumentation, and an adjustable tilt structure. The module allows students to measure the characteristic curves (current-voltage and power-voltage) of an isolated photovoltaic system, connect its components (panel, charge controller, battery, and

inverter), and analyze the effect of the tilt angle on the power generated. The design is based on recognized pedagogical frameworks such as ADDIE and TPACK and is inspired by laboratory experiences to propose a compact and affordable device. The components of the module, learning practices, and implementation methodology are described, and their expected impact on improving the understanding of theoretical topics in isolated photovoltaic systems is discussed.

Index of Terms – ADDIE, solar energy, photovoltaic training, educational laboratory, training module, TPACK.

I. INTRODUCCIÓN

La transición energética global exige sustituir progresivamente los combustibles fósiles por fuentes limpias y sostenibles. La Organización de las Naciones Unidas estima que más del 80 % de la energía primaria mundial proviene todavía de combustibles fósiles, cuya combustión incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero y el riesgo de eventos climáticos extremos [1]. Las energías renovables, derivadas de recursos como el sol, el viento y la biomasa, ofrecen una alternativa sostenible que prácticamente no genera emisiones contaminantes. Entre las fuentes renovables, la energía solar fotovoltaica destaca por su abundancia y por la posibilidad de satisfacer de manera limpia la demanda energética global.

Los sistemas fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Sus principales componentes incluyen módulos fotovoltaicos que generan corriente continua, un controlador de carga que regula la energía hacia el banco de baterías, un inversor que convierte la corriente continua en alterna y, en sistemas autónomos, un banco de baterías para almacenar energía. La tecnología fotovoltaica se ha desarrollado considerablemente desde el descubrimiento del efecto fotoeléctrico y la fabricación de las primeras células de silicio [1]. Este avance ha sido impulsado

por inversiones de gobiernos, centros de investigación e industria que buscan fuentes de energía limpias y confiables [2].

El crecimiento acelerado del sector fotovoltaico está acompañado de una expansión del mercado laboral [3]. La creciente demanda de instaladores, diseñadores y técnicos calificados ha generado una separación entre las habilidades requeridas por la industria fotovoltaica y la formación impartida en las instituciones educativas.

II. ANTECEDENTES

A. Importancia de la formación en energías solares

El déficit de personal calificado constituye una de las principales barreras para la expansión de la energía fotovoltaica. Un estudio que evaluó las necesidades de la industria encontró que la demanda de competencias en energía solar superaba ampliamente la tasa de graduados con dichas habilidades, lo que amenaza las metas de crecimiento del sector. Para resolver este problema, la combinación de las tecnológicas enfocada en el uso pedagógico de la misma, determinan una enseñanza significativa en el conocimiento de la energía solar [4].

Los módulos educativos deben combinar la formación teórica con experiencias prácticas para consolidar el aprendizaje. Para estudiantes de ingeniería electromecánica se requiere un módulo físico que permita manipular componentes reales y observar directamente cómo la variación de la irradiancia o del ángulo de inclinación afecta las curvas I-V y P-V. El presente trabajo se enmarca en esta línea, desarrollando un dispositivo tangible sin recurrir a tecnologías de simulación.

B. Fundamentos de la tecnología fotovoltaica

Para comprender el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos es esencial recordar que la tecnología se basa en el efecto fotoeléctrico descrito por Einstein, donde la energía de los fotones libera electrones en un material semiconductor. Las células de silicio son las más utilizadas por su eficiencia, bajo costo y confiabilidad, aunque también existen células de película delgada, orgánicas y sensibilizadas por colorantes [5]. La irradiación solar variable, las sombras y la temperatura afectan el rendimiento de las instalaciones, razón por la cual los sistemas emplean controladores de carga con técnicas de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y dispositivos de protección como diodos bypass.

C. Definición del problema

El crecimiento de la industria fotovoltaica en México y el mundo exige profesionales que dominen la instalación, el diseño y la operación de sistemas PV. Sin embargo, múltiples diagnósticos identifican una brecha entre las competencias de los egresados y las necesidades de la industria. Esta brecha amenaza el cumplimiento de las metas de capacidad instalada y dificulta el aprovechamiento de oportunidades laborales. Asimismo, la mayoría de los laboratorios universitarios carecen

de equipamiento modular que permita simular condiciones reales de operación en sistemas fotovoltaicos aislados. En particular, los estudiantes rara vez tienen la oportunidad de variar el ángulo de inclinación del panel, medir curvas I-V/P-V en distintas condiciones y practicar el conexionado de componentes como controladores, baterías e inversores en un entorno seguro.

D. Justificación

Desarrollar un módulo de entrenamiento basado en hardware fotovoltaico real proporciona a los estudiantes una comprensión profunda de los principios eléctricos y operativos de los sistemas PV, a la vez que fomenta habilidades de instalación y mantenimiento. El uso de un panel de baja potencia con soporte de inclinación variable permite explorar la relación entre irradiancia, ángulo de montaje y potencia generada, conceptos que de otro modo sólo se abordan de forma teórica. Al incorporar instrumentación básica (sensores de corriente, tensión e irradiancia) los estudiantes pueden trazar las curvas características del módulo y validar modelos de comportamiento. Orientar la formación bajo marcos pedagógicos reconocidos como ADDIE [5] y TPACK [6] garantiza la alineación entre objetivos, contenidos, actividades y evaluación.

III. METODOLOGÍA

A. Enfoque pedagógico

El diseño del módulo de entrenamiento se sustenta en dos marcos metodológicos reconocidos: ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) y TPACK (conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido). De acuerdo con Amalu et al., el marco ADDIE resulta fácil de implementar y permite organizar el proceso en etapas claramente definidas, mientras que TPACK integra tecnología, pedagogía y contenido para aumentar la comprensión de conceptos complejos [2]. La aplicación combinada de estos modelos asegura que los recursos tecnológicos, como el sistema fotovoltaico y la instrumentación, se utilicen en coherencia con los objetivos de aprendizaje y el contenido curricular.

B. Fases de desarrollo

Análisis: identificación de competencias requeridas por la industria fotovoltaica y análisis de infraestructura disponible en la institución. Se revisan artículos científicos, informes de empleo y se recaba retroalimentación de empresas del sector.

Diseño: definición de los contenidos teóricos (principios del efecto fotoeléctrico, componentes de un sistema PV aislado e influencia del ángulo de inclinación), estructuración de las prácticas y selección de herramientas de cálculo y simulación. Se establecen las actividades de aprendizaje y las estrategias de evaluación.

Desarrollo: ensamblado del módulo físico. El módulo incluye un panel fotovoltaico de baja potencia montado sobre una estructura con inclinación ajustable, una lámpara como

carga, sensores de corriente y tensión, un controlador de carga, una batería de 12 V y un inversor de baja potencia. El sistema se conecta a una interfaz de adquisición de datos que permite monitoreo y registro de valores.

Implementación: ejecución de las actividades en el aula y en laboratorio. Los estudiantes analizan el comportamiento eléctrico del módulo bajo diferentes ángulos de inclinación y niveles de irradiancia, registran las curvas I-V y P-V.

Evaluación: al finalizar cada práctica se aplican evaluaciones formativas y una rúbrica de competencias. Se analiza el rendimiento del módulo en distintos ángulos de inclinación y se recoge retroalimentación de los estudiantes para mejorar el diseño.

Descripción del equipo

En la tabla 1 se observa la ficha técnica de la estructura realizada:

Tabla 1 Ficha técnica de la estructura.

| FICHA TÉCNICA DE LA ESTRUCTURA | |
|--|---|
| GRUPO | Maquinaria, estructura y material metálico |
| SEGMENTO | Estructura metálica inclinable |
| FAMILIA | Estructura metálica |
| CLASE | Componentes metálicos |
| PRODUCTO | Estructura metálica desmontable con mecanismo de inclinación graduada para soporte de módulo fotovoltaico |
| CÓDIGO UNSPSC | 40151604 |
| DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO | |
| Estructura fabricada en tubo cuadrado de acero $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ pulgadas, calibre 16, con acabado anticorrosivo y sistema de inclinación graduada. | |
| UNIDAD DE MEDIDA | Pieza |
| CANTIDAD | 1 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
| <p>La mesa metálica fotovoltaica es capaz de calibrar el ángulo de inclinación del panel solar al grado requerido. Es una estructura desmontable, duradera y de alta utilidad para prácticas de laboratorio.</p> <p>Está fabricada con metal tubular de $1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}''$, redondo macizo de $\frac{1}{8}''$, ángulo de $1\frac{1}{2}''$, tornillería de $3/8''$ y tubo mofle de $\frac{1}{8}''$.</p> <p>Medidas generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura: 1.00 m • Ancho: 1.20 m • Largo: 2.20 m | |



Figura 1 Vista lateral de mesa metálica.

Fuente: propia



Figura 2 Vista frontal de mesa metálica. Fuente: propia

En las tablas de la dos a la cinco se observan las características de los componentes que conforman el módulo de entrenamiento de sistema fotovoltaico aislado.

Tabla 2 Ficha técnica del panel solar.

| FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR | |
|--|--|
| GRUPO | Componente solar de energía limpia |
| SEGMENTO | Generación solar fotovoltaica |
| FAMILIA | Componentes y sistemas de energía solar |
| CLASE | Módulos fotovoltaicos |
| PRODUCTO | Panel fotovoltaico policristalino de 265 W |
| CÓDIGO UNSPSC | 69341658 |
| DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO | |
| Transferencia eléctrica | |
| UNIDAD DE MEDIDA | Pieza |
| CANTIDAD | 1 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL | |

| |
|--|
| Tipo de celda: Policristalina 156×156 mm |
| Número de celdas: 60 (6×10) |
| Dimensiones: 1650 × 992 × 40 mm |
| Peso: 19.0 kg |
| Vidrio frontal: 3.2 mm, templado, alta transmisión |
| Marco: Aluminio anodizado |
| Caja de conexiones: IP67 |
| Cables de salida: 12 AWG, 900 mm |
| Potencia nominal: 265 Wp |
| Voltaje a máxima potencia (Vmp): 31.4 V |
| Corriente a máxima potencia (Imp): 8.44 A |
| Voltaje de circuito abierto (Voc): 38.6 V |
| Corriente de corto circuito (Isc): 9.03 A |
| Eficiencia del módulo: 16.19 % |
| Voltaje máximo del sistema: 1000 V CC |
| Temperatura de operación: -40 °C a +85 °C |



Figura 3 Panel solar Jinko Solar JKM265PP. Fuente: [7]



Figura 4 Datos técnicos del módulo fotovoltaico JKM265PP. Fuente: propia

Tabla 3 Ficha técnica del reóstato.

| Ficha técnica del reóstato | |
|--|-----------------------------------|
| GRUPO | Componentes eléctricos |
| SEGMENTO | Resistencias eléctricas |
| FAMILIA | Resistencias variables |
| CLASE | Resistencias variables |
| PRODUCTO | Reóstato deslizante ajustable BC1 |
| CÓDIGO UNSPSC | 401016 |
| DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO | |
| Resistencia variable | |

| UNIDAD DE MEDIDA | Pieza |
|--|-------|
| CANTIDAD | 1 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
| Resistencia nominal: 10 Ω | |
| Potencia nominal: 500 W | |
| Dimensiones: 206 × 90 mm | |
| Material: Alambre resistivo enrollado sobre cerámica esmaltada | |
| Mecanismo de ajuste: Brazo oscilante manual | |
| Características: Alta potencia, enfriamiento natural, resistencia a humedad y temperatura, capacidad de sobrecarga | |
| Temperatura de operación: -55 °C a +315 °C | |
| Aplicación: Ajuste de carga, control de corriente/voltaje en prácticas y circuitos de potencia | |
| Normas: GB/T5729-2003, GB5732-85 | |

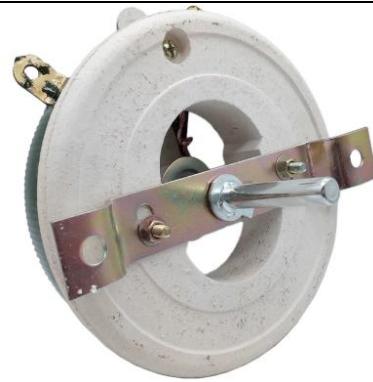


Figura 5 Reóstato BC1 de 500W. Fuente: [8]

Tabla 4 Ficha técnica del controlador.

| GRUPO | Dispositivo electrónico para sistemas solares |
|---|---|
| SEGMENTO | Controladores de carga solar |
| FAMILIA | Reguladores MPPT para sistemas fotovoltaicos |
| CLASE | Controladores de carga de corriente continua |
| PRODUCTO | Controlador de carga solar MPPT, 60 A, 12V/24V/36V/48V DC |
| CÓDIGO UNSPSC | 39121004 |
| DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO | |
| Regulador MPPT de carga y descarga para paneles solares | |
| UNIDAD DE MEDIDA | Pieza |
| CANTIDAD | 1 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
| Tipo de controlador: MPPT (Maximum Power Point Tracking) | |
| Corriente nominal: 60 A | |
| Tensión de entrada: hasta 160 V DC | |
| Tensión de sistema compatible: 12/24/36/48 V DC (autodetección) | |
| Funciones: | |
| Regulación de carga y descarga | |
| Seguimiento MPPT de alta eficiencia | |

Protección contra sobrecarga, cortocircuito y polaridad inversa
 Panel LCD para monitoreo
 Aplicación: Sistemas fotovoltaicos aislados y de entrenamiento educativo
 Tipo de enfriamiento: Disipación natural (sin ventilador)

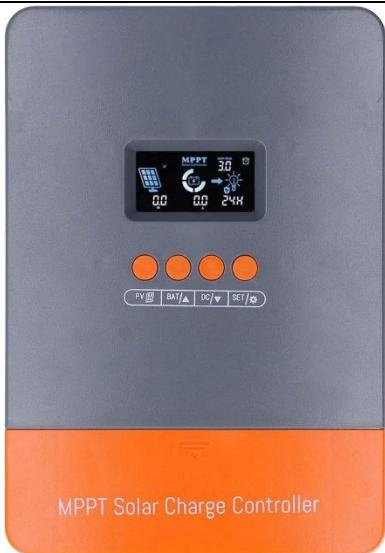


Figura 6 Controlador de carga MPPT. Fuente: [9]

Tabla 5 Ficha técnica de la batería.

| FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA | |
|---|--|
| GRUPO | Equipos de almacenamiento y generación eléctrica |
| SEGMENTO | Baterías |
| FAMILIA | Baterías recargables |
| CLASE | Baterías de plomo-ácido selladas |
| PRODUCTO | Batería AGM de ciclo profundo 12 V, [Ah] |
| CÓDIGO UNSPSC | 26111702 |
| DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO | |
| Batería de ciclo profundo AGM de 12 V para sistemas fotovoltaicos aislados | |
| UNIDAD DE MEDIDA | Pieza |
| CANTIDAD | 1 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Voltaje: 12V - Capacidad: Varía según el modelo (por ejemplo, 120Ah o 250Ah) - Durabilidad: Vida útil de más de 12 años - Libre de mantenimiento: No requiere recarga de agua - Sellada: Previene fugas y es segura para interiores - Alta resistencia a descargas: Ideal para sistemas solares y aplicaciones exigentes | |



Figura 7 Batería para aplicaciones fotovoltaicas, marca CALE. Fuente: propia

C. Procedimientos prácticos y actividades de aprendizaje
 El módulo se implementa mediante una serie de prácticas que combinan teoría, experimentación y análisis de datos. A continuación se describen algunas actividades destacadas:

- Medición de curvas I-V y P-V: Los estudiantes miden las curvas de corriente-tensión y potencia-tensión del módulo fotovoltaico bajo diferentes niveles de irradiancia y ángulos de inclinación. Se utiliza el regulador de carga y sensores de tensión y corriente para trazar las curvas y calcular el punto de máxima potencia.
- Efecto de la inclinación: Mediante la estructura ajustable, los alumnos modifican el ángulo del módulo y registran la potencia generada con la lámpara. Se identifica la influencia del ángulo en la captación solar, la irradiancia efectiva sobre el panel y se comprueba el ángulo óptimo para las condiciones locales.
- Conexionado de sistemas aislados: Los alumnos ensamblan el sistema aislado completo, conectando el módulo al regulador de carga, éste a la batería y al inversor, y finalmente a una carga. Verifican la polaridad y miden tensiones en cada punto del circuito, identificando el flujo de energía y las protecciones. Esta práctica fortalece las competencias de instalación y seguridad.
- Diseño básico de sistemas aislados: Con los datos obtenidos de las prácticas, los estudiantes dimensionan un sistema de autoconsumo sencillo. Utilizan herramientas de cálculo para estimar la energía anual disponible, seleccionan la capacidad de la batería necesaria y justifican el dimensionamiento del inversor, considerando pérdidas por irradiancia y temperatura

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Módulo de entrenamiento fotovoltaico

El módulo de entrenamiento fotovoltaico desarrollado integra los componentes esenciales de un sistema solar aislado en una estructura didáctica. El diseño permitió disponer de un panel fotovoltaico con variación controlada del ángulo de inclinación, un controlador de carga MPPT, una batería de ciclo profundo, un reóstato de potencia para la caracterización de curvas I-V y dispositivos de consumo en corriente continua. La estandarización dimensional y mecánica del banco facilitó la manipulación segura del equipo, mientras que la selección de componentes en instalaciones solares otorgó una buena práctica a las actividades. El dispositivo final realizado se logra observar en la figura 8.



Figura 8 Modulo entrenamiento de sistema fotovoltaico. Fuente: propia

B. Puesta en marcha del sistema

La puesta en marcha consistió en la verificación del cableado, la comprobación de polaridades, la revisión de protecciones eléctricas y la activación secuencial de los subsistemas. Se constató la operación correcta del controlador MPPT en los perfiles de carga seleccionados, así como la estabilización del voltaje de batería durante el proceso de carga. El panel fotovoltaico respondió de manera consistente a los cambios de irradiancia y ángulo de inclinación, observándose variaciones esperadas en la potencia generada. La calibración de los instrumentos y el uso del reóstato como carga variable permitieron garantizar un funcionamiento estable y seguro para las actividades experimentales posteriores. Para la puesta en marcha del sistema se realizaron diferentes pruebas para comprobar su correcto funcionamiento (figura 9), los resultados confirmaron que el banco es funcional y cumple con los requisitos operativos para prácticas de laboratorio.

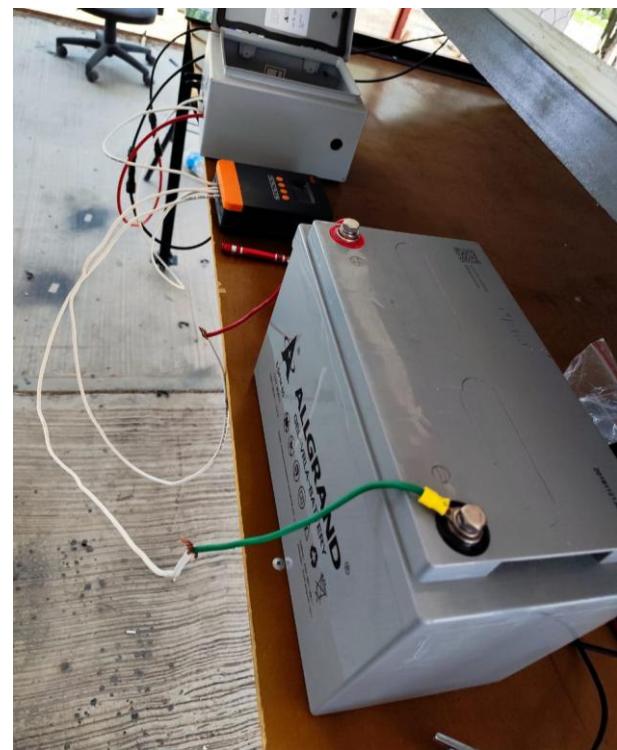


Figura 9 Puesta en marcha de sistemas aislado. Fuente: propia

C. Ejecución de prácticas

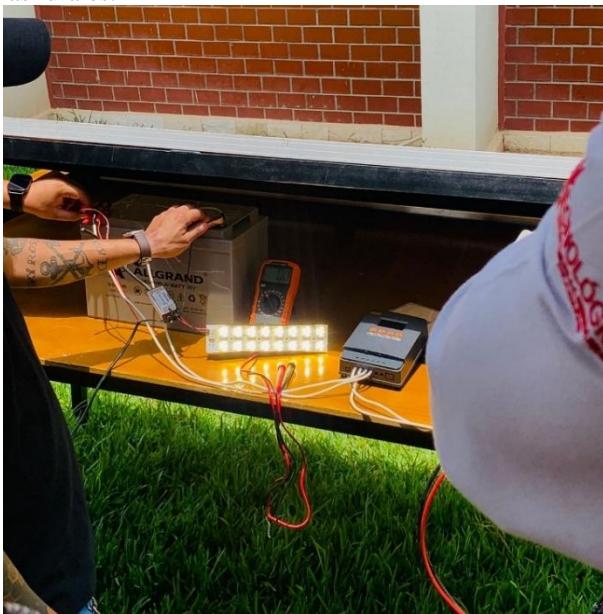
Una vez validado el sistema, se procedió a la ejecución de diversas prácticas enfocadas en la medición de la respuesta eléctrica del panel fotovoltaico bajo condiciones controladas. Entre las actividades realizadas se incluyó el trazado de la curva característica I-V mediante la variación gradual de la resistencia en el reóstato (figura 10), el análisis de potencia máxima (Pmax), y la observación del comportamiento del sistema ante cambios de inclinación y nivel de irradiancia. Los estudiantes lograron identificar el punto de máxima potencia del panel, interpretar parámetros eléctricos fundamentales y reconocer la influencia de condiciones ambientales en el desempeño del sistema. La interacción directa con los elementos del sistema promovió una comprensión más profunda de los principios fotovoltaicos y permitió reforzar competencias en medición, instrumentación y análisis de datos.



Figura 10 Práctica de obtención de curva característica I-V, P-V. Fuente: propia

D. Conexionado con sistemas de consumo (luminarias y bomba de corriente continua)

El módulo permitió integrar y poner en operación dispositivos de consumo en corriente continua, específicamente luminarias LED de baja potencia y una bomba DC. El conexionado se efectuó de manera directa desde el controlador de carga y la batería, observándose un desempeño estable en ambos dispositivos (figura 11). La bomba respondió adecuadamente a variaciones de tensión provenientes del estado de carga de la batería, mientras que las luminarias mantuvieron una operación constante sin fluctuaciones perceptibles. Esta etapa demostró la capacidad del módulo para alimentar cargas reales y proporcionó a los estudiantes una experiencia práctica sobre la distribución de energía, caída de tensión, eficiencia del sistema y criterios de selección de cargas en sistemas fotovoltaicos aislados. Asimismo, permitió discutir escenarios reales de aplicación como iluminación autónoma y bombeo de agua en zonas rurales.



V. CONCLUSIONES

El desarrollo del módulo de entrenamiento fotovoltaico permitió comprobar que es posible diseñar y construir una plataforma didáctica compacta, segura y funcional para la enseñanza de sistemas solares aislados en contextos de ingeniería. La estructura metálica con inclinación ajustable facilitó la observación directa del efecto del ángulo en la generación de potencia, mientras que la integración de un controlador MPPT, una batería de ciclo profundo y un reóstato de potencia posibilitó la caracterización del comportamiento eléctrico del panel bajo condiciones reales de operación.

Las prácticas realizadas mostraron que el módulo es adecuado para el análisis de curvas características I-V, el reconocimiento del punto de máxima potencia y la comprensión de los principios fundamentales de conversión fotovoltaica. La puesta

en marcha y las pruebas de carga demostraron que el sistema puede operar de manera estable con dispositivos de consumo de corriente continua, lo que amplía su utilidad en actividades formativas orientadas a la aplicación práctica.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), de la jefatura de división de ingeniería electromecánica, jefatura de división de ingeniería en Sistemas Computacionales y la Coordinación de investigación del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan.

REFERENCIAS

- [1] Noor Alqallaf and R. Ghannam, "Immersive Learning in Photovoltaic Energy Education: A Comprehensive Review of Virtual Reality Applications," *Solar*, vol. 4, no. 1, pp. 136–161, Mar. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/solar4010006>.
- [2] E. H. Amalu et al., "Development of a Photovoltaic (PV) Solar Energy Technology Training Module for STEM Undergraduates for Solar Energy Sector Deployment," *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 2, no. 1, pp. 33–54, Jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.12973/jmste.2.1.33>.
- [3] U. Nations, "Energías renovables: energías para un futuro más seguro. Naciones Unidas," United Nations, 2020. <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy> (accessed Oct. 06, 2025).
- [4] A. M. Martínez et al., "The Role of Education and Science-Driven Tools in Scaling Up Photovoltaic Deployment," *Energies*, vol. 16, no. 24, p. 8065, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/en16248065>.
- [5] C. De Pedagogía, P. Desde, and E. Modelo, "Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Filosofía y Letras." Accessed: Oct. 06, 2025. [Online]. Available: <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/284787a0-ffba-4f29-8ba4-a7501618e940/content>.
- [6] J. Rubén, L. Gilda, and H. Rosa, "EL MODELO TPACK COMO MARCO PARA LA INTEGRACIÓN PEDAGÓGICA DE LA TECNOLOGÍA EN EL AULA," Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research), Apr. 2025, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15126677>.
- [7] C. JINKOAO, "Jiangsu Jingke'ao Technology Co., Ltd," https://jinkosolartech.com/d.asp?id=370&gad_source=1&gad_campaignid=23138036812&gbraid=0AAAABBaVxm9LDL7mmBO-KOhvK9HEYTaio&gclid=Cj0KCQjA6NTIBhDEARIsAB7QHD0QZAsrUbFf4KyjlUsQpC7rNSAlwtct1DwWQ7ZhJsjDCIWkfcfZSWUaAsAZEALw_wc (accessed Oct. 07, 2025).
- [8] "Reóstato de alta potencia de 150W, 200W, 300W, 500W, BC1, resistencia de bobinado de cable variable rotativo, forma de disco, resistencia ajustable, Reóstato deslizante," Alitoools.io, 2019. <https://alitoools.io/es/showcase/reostato-de-alta-potencia-de-150w-200w-300w-500w-bc1-resistencia-de-bobinado-de-cable-variable-rotativo-forma-de-disco>

resistencia-ajustable-reostato-deslizante-33006209136 (accessed Oct. 08, 2025).

[9] 0 Amp 12V/24V/36V/48V DC Controlador de Carga Solar MPPT, Entrada Máxima 160V LCD Carga Solar, Dispositivo Regulador de Carga Y Descarga del Panel Solar : Amazon.com.mx: Industria, Empresas y Ciencia," Amazon.com.mx, 2025. <https://www.amazon.com.mx/Controlador-Entrada-Dispositivo-Regulador-Descarga/dp/B09XJJ1KB8> (accessed Oct. 08, 2025).

[9] O. Rodríguez-Abreo, J. M. Hernandez-Paredes, A. F. Rangel, C. Fuentes-Silva and F. A. C. Velásquez, "Parameter Identification of Motors by Cuckoo Search Using Steady-State Relations," in IEEE Access, vol. 9, pp. 72017-72024, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3078578.

BIBLIOGRAFÍA DE AUTORES

MANUEL VALDIVIA MONTALVO, estudiante de Ingeniería Electromecánica en el TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, actualmente cursando el séptimo semestre. Originario de Coxcatlán, Puebla. Sus áreas de interés incluyen el mantenimiento de sistemas electromecánicos, con enfoque en la optimización de procesos y diagnóstico de fallas

ALBERTO GUZMÁN VÁZQUEZ, originario de San José Axuxco, soy estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica en el TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. Durante mi formación he profundizado en el estudio de los sistemas eléctricos, la simulación de circuitos y el análisis de soluciones técnicas aplicadas a la ingeniería, Las áreas de interés son control eléctrico.

JUAN MANUEL PALANTOC QUIXTIANO, estudiante de Ingeniería Electromecánica en el TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, cursando actualmente el séptimo semestre. Originario de Ajalpan, Puebla, con 22 años de edad. Sus áreas de interés se centran en la mecánica automotriz y la manufactura, destacando en el análisis de sistemas mecánicos, mantenimiento de vehículos y procesos de producción industrial.

VICTOR CRUZ ALEJO, estudiante de Ingeniería Electromecánica en el TecNM/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, cursando actualmente el séptimo semestre. Originario de Ajalpan Puebla, con 22 años de edad. Cuenta además con formación como Técnico Profesional Básico (PTB) en Mantenimiento de Sistemas Automáticos por el CONALEP Calipan. Sus áreas de interés se enfocan en subestaciones eléctricas y sistemas de puesta a tierra, destacando en el análisis, instalación y mantenimiento de equipos eléctricos de alta tensión

FERNANDO GONZALEZ PALANTOC, estudiante de Ingeniería Electromecánica en el TecNM/Instituto Tecnológico

Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, cursando actualmente el séptimo semestre. Originario de Ajalpan, Puebla, con 22 años de edad. Sus áreas de interés incluyen la manufactura y la automatización industrial, con enfoque en el diseño de procesos eficientes, integración de sistemas automatizados y mejora continua en entornos productivos.

MIGUEL ANGEL MORALES-FLORES, Recibió el grado de ingeniero electrónico por el TecNM/ Instituto Tecnológico de Tehuacán en 2023. Becario SECIHTI por el posgrado en Maestría en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Guadalajara. Profesor de asignatura en el TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. Las áreas de interés son el modelado y control de sistemas de energía y automatización.

JOSE ANTONIO MORALES-FLORES, Recibió el grado de ingeniero Mecatrónico por el TecNM/ Instituto Tecnológico de Tehuacán. Becario SECIHTI por el posgrado en Maestría en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Guadalajara. Profesor Asociado en el TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan.