



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PORTÁTIL DE BAJA POTENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE ENERGÍAS RENOVABLES

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW POWER PORTABLE
AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY
EDUCATION

Manuel de Jesús Palacios Gallegos
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Jerónimo Méndez Moreno
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Cristina Blanco González
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Segundo Jordán Orantes Alborez
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México

Andrés Blanco Ortega
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Alfredo Guillen López
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Carrillo Reyes, Arturo
Universidad Politécnica de Chiapas, México

Josué Chanona Soto
Universidad Politécnica de Chiapas, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.22269

Diseño y Construcción de un Sistema Fotovoltaico Autónomo Portátil de Baja Potencia para la Enseñanza de Energías Renovables

Manuel de Jesús Palacios Gallegos¹

mpalacios@upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-7813-7772>

Universidad Politécnica de Chiapas. CAIC
Ingeniería en Energía y Desarrollo Sostenible
México

Jerónimo Méndez Moreno

jmendezm@upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-8625-6537>

Universidad Politécnica de Chiapas
Ingeniería en Energía y Desarrollo Sostenible
México

Cristina Blanco González

cblanco@upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-1649-9227>

Universidad Politécnica de Chiapas
Ingeniería Ambiental y Sustentabilidad
México

Segundo Jordán Orantes Alborez

jordan.orantes@unicach.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5228-9534>

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Facultad de Ingeniería
México

Andrés Blanco Ortega

andres.bo@cenidet.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0088-6863>

Universidad Politécnica de Chiapas. Ingeniería
Ambiental y Desarrollo Sustentable
México

Alfredo Guillen López

aguillen@ie.upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0346-536X>

Universidad Politécnica de Chiapas. CAIC.
Ingeniería en Energía y Desarrollo Sostenible
México

Arturo Carrillo Reyes

arturo.carrillo@unicach.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8351-5496>

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
Facultad de Ingeniería
México

Josué Chanona Soto

jchanona@upchiapas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-7181-3153>

Universidad Politécnica de Chiapas. Ingeniería
Ambiental y Sustentabilidad
México

¹ Autor principal.

Correspondencia: cblanco@upchiapas.edu.mx

RESUMEN

Este artículo presenta el diseño y construcción de un sistema fotovoltaico autónomo portátil de baja potencia (SAF), desarrollado para la enseñanza práctica de energías renovables. El prototipo integra un panel solar, controlador de carga, batería e inversor en una estructura compacta y transportable que facilita su uso en aulas, laboratorios, ferias científicas y actividades de divulgación en nivel medio superior y superior. Su configuración modular permite a los estudiantes comprender experimentalmente los procesos de conversión, regulación y almacenamiento de energía solar. La prueba de validación mostró que, pese a variaciones de irradiancia entre 300 y 500 W/m², la tensión del controlador se mantuvo estable entre 12.9 y 13.2 V, con una correlación positiva significativa entre irradiancia y voltaje ($r \approx 0.77$). El SAF contempla un simulador solar halógeno de 400 W que genera una irradiancia promedio controlada de 581 W/m². Estos resultados evidencian que el SAF es eficiente, didáctico y adecuado para prácticas académicas y demostraciones de corta duración.

Palabras clave: sistema fotovoltaico autónomo, sistema fotovoltaico, conversión de energía solar, sistema fotovoltaico didáctico, energía solar



Design and Construction of a Low Power Portable Autonomous Photovoltaic System for Renewable Energy Education

ABSTRACT

This article presents the design and construction of a low-power portable autonomous photovoltaic system (SAF), developed for the practical instruction of renewable energy technologies. The prototype integrates a solar panel, a charge controller, a battery, and an inverter within a compact and transportable structure that facilitates its use in classrooms, laboratories, science fairs, and outreach activities at upper-secondary and higher-education levels. Its modular configuration enables students to experimentally understand the processes of solar energy conversion, regulation, and storage. Validation tests showed that, despite irradiance variations between 300 and 500 W/m², the charge controller voltage remained stable within the range of 12.9 to 13.2 V, exhibiting a significant positive correlation between irradiance and voltage ($r \approx 0.77$). The SAF also incorporates a 400 W halogen based solar simulator that provides a controlled average irradiance of 581 W/m². These results demonstrate that the SAF is efficient, pedagogically effective, and suitable for academic training and short duration demonstration activities.

Keywords: autonomous photovoltaic system, photovoltaic system, solar energy conversion, photovoltaic teaching system, solar energy

*Artículo recibido 20 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 15 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La transición energética representa un conjunto de cambios estructurales en los modelos de producción, distribución y consumo de la energía, orientado hacia fuentes de energía sostenibles y limpias que eviten o reduzcan las emisiones de gases invernadero y mitiguen el calentamiento global. A nivel global, este proceso es esencial para mitigar los efectos del cambio climático y promover un desarrollo económico sostenible. En México, la transición energética adquiere una relevancia particular debido a su abundancia de recursos naturales y su posición estratégica en América Latina.

De acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en 2022, México alcanzó un 31% de capacidad de generación de energía a partir de fuentes renovables. Este avance no solo contribuye a la reducción de emisiones, sino que también refuerza la seguridad energética al disminuir la dependencia de combustibles fósiles (ENEL, 2024).

En este contexto, los sistemas autónomos de energía solar desempeñan un papel clave no solo como soluciones descentralizadas, especialmente en zonas rurales (J.A. Niño Vega, 2019), sino también como herramientas didácticas esenciales en la formación de futuros ingenieros y técnicos. Estos sistemas permiten a los estudiantes comprender de manera práctica los principios de transformación de la energía, eficiencia energética y almacenamiento, vinculando la teoría con la práctica y promoviendo el aprendizaje basado en experimentación (Casado Ramírez et al., 2024; Yepes Rivera, 2022; Noronha, H. S. et al; 2025; Zambrano Joya, 2022). El desarrollo de sistemas autónomos de energía solar con fines didácticos ofrece múltiples beneficios. Permite simular en tiempo real el funcionamiento de un sistema fotovoltaico, incluyendo generación, almacenamiento y distribución de energía. Además, facilita la realización de experimentos sobre la influencia de variables como la radiación solar, el ángulo de incidencia y el rendimiento de los paneles, reforzando la enseñanza en áreas técnicas y de ingeniería. Asimismo, contribuye a la difusión del conocimiento sobre energía solar en diferentes plataformas didácticas y de niveles educativos, promoviendo la conciencia ambiental y el uso de energías renovables (Rus et al., 2008; Castiblanco Forero, 2024; Zambrano Joya, 2022; J.A. Niño Vega, 2019; Benitez, V. H. et al. 2019; Ruiz Vicente, 2020; Alvarado, 2021; Chiou, R., 2021; Adewale W., 2024).



Desde esta perspectiva, el diseño e implementación de sistemas autónomos de energía solar en programas académicos de ingeniería, sustentabilidad y educación técnica resulta clave para la formación de profesionales capacitados en el desarrollo y optimización de soluciones energéticas renovables. La incorporación de estos sistemas en el ámbito educativo impulsa el desarrollo de competencias en estudiantes y docentes, permitiéndoles enfrentar los retos energéticos del siglo XXI (Casado Ramírez et al., 2024; Castiblanco Forero, 2024; Benitez, V. H. et al. 2019; Ruiz Vicente, 2020).

En los últimos años, se han desarrollado diversas propuestas educativas para la formación en energía solar fotovoltaica dirigidas a estudiantes de distintos niveles educativos. Estas propuestas buscan integrar conocimientos teóricos y prácticos sobre energías renovables en el currículo escolar, fomentando la conciencia ambiental y el interés por las tecnologías sostenibles. Varios de los estudios (Edwin Rúa Ramírez et al.; 2019); J.A. Niño Vega, 2019; García-Ferrero, J., 2021; Wang, X.; Guo, L., 2021; L. Guo, N. M. M. Abdulet et al., 2022) han abordado el diseño y construcción de bancos de pruebas fotovoltaicos con fines educativos, con el propósito de facilitar y fortalecer el aprendizaje teórico-práctico sobre el uso de la energía solar. Estas propuestas han integrado proyectos educativos que permiten a los estudiantes comprender esta tecnología, a la vez que fomentan la conciencia ambiental y el desarrollo de habilidades críticas y creativas.

Bajo esta perspectiva educativa, los sistemas autónomos de energía solar juegan un papel fundamental en la enseñanza de las energías renovables, ya que representan una herramienta didáctica clave para fortalecer el aprendizaje práctico en educación técnica e ingeniería. Este tipo de sistemas permiten a los estudiantes familiarizarse con la estructura y el funcionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo, facilitando la identificación de sus componentes, la caracterización de su rendimiento en diferentes condiciones climáticas y la realización de pruebas en un entorno controlado. Además de fortalecer la comprensión de los principios de conversión y almacenamiento de energía, estas herramientas didácticas promueven el desarrollo de habilidades aplicadas en el diseño e implementación de soluciones energéticas sostenibles (J.A. Niño Vega, 2019; E. Rúa-Ramírez et al., 2021; García-Ferrero, J., 2021; Yepes Rivera, L. M., 2022; Alqallaf, N., & Ghannam, R., 2024).



METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el diseño y construcción del Sistema Autónomo Fotovoltaico (SAF) se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y aplicado, buscando que los parámetros técnicos permitieran definir, dimensionar y ensamblar un sistema compacto, modular, portable apto para fines didácticos y reproducible en entornos educativos. Este desarrollo metodológico se organizó en las siguientes fases:

1. Análisis de requerimientos didácticos y operativos.

El sistema cumple con los criterios de portabilidad, dimensiones compactas, facilidad de mantenimiento y accesibilidad para estudiantes. Este tiene establecido los niveles nominales de energía, voltaje y corriente necesarios para actividades educativas.

2. Selección y dimensionamiento de componentes eléctricos.

Se contemplo cuantitativamente la compatibilidad entre el panel fotovoltaico, el controlador de carga, la batería y el inversor. La selección consideró eficiencia, disponibilidad comercial y seguridad eléctrica.

3. Diseño estructural del módulo compacto.

Se elaboraron modelos CAD para definir la geometría compacta del sistema, integrando los componentes en un bastidor portátil y resistente. El diseño consideró ventilación, distribución del peso, accesibilidad y protección eléctrica. La estructura contempla un subsistema que permite un rango de inclinación del panel fotovoltaico entre 0 y 45 grados.

4. Construcción y ensamblaje del prototipo.

Para la fabricación de la estructura se utilizó materiales comercialmente accesibles. La instalación de los componentes eléctricos fue siguiendo normas básicas de seguridad y se verificó la correcta disposición de cableado, protecciones e interconexiones.

5. Pruebas experimentales de verificación.

El SAF se sometió a pruebas de funcionamiento en condiciones controladas para validar la conversión,



almacenamiento y entrega de energía. En este contexto, este sistema permite evaluar voltajes, corrientes y estabilidad del sistema.

Como resultado de esta metodología, se obtuvo un diseño compacto, modular y portable, y que cumple con los objetivos educativos para su uso en laboratorios, aulas, espacios exteriores y actividades de divulgación. El costo total de fabricación estimado del SAF es de \$3000.00 pesos mexicanos, el cual incluye su manual de practicas establecidas. La Figura 1 muestra el sistema autónomo solar fotovoltaico.





Figura 1. Sistema Autónomo fotovoltaico.





Como se observa el Sistema Autónomo Fotovoltaico (SAF) es un sistema cuyos componentes básicos permiten la conversión, regulación, almacenamiento y uso de la energía solar. Este sistema incluye un panel fotovoltaico de 10 W encargado de captar y transformar la radiación solar en energía eléctrica, la cual es gestionada por un controlador de carga PWM de 12/24 V y 100 A que optimiza el flujo energético hacia la batería y lo protege. El almacenamiento se realiza mediante una batería de ácido-plomo de 12 V y 1.2 Ah, adecuada para prácticas didácticas de baja demanda. Para suministrar energía en corriente alterna, el sistema incorpora un inversor DC/AC de 12 V a 120 V con capacidad de 750 W. Finalmente, el SAF integra un sistema de protección compuesto por interruptores de 1 y 2 polos, con capacidades de 20 A y rangos de operación para VCA y VCD, garantizando seguridad en la operación

y manipulación del equipo. Para la realización pruebas bajo condiciones controladas de laboratorio se empleó un simulador solar con 4 lámparas de halógeno de 100 W, resultando una potencia total de 400 W. Este simulador permite suministrar un flujo luminoso estable y controlable. Con base en pruebas de caracterización, el simulador colocado a una distancia de 1.2 m respecto al sistema SAF, suministra una irradiancia promedio de 581 W/m² sobre un plano efectivo de 0.50m x 0.50m. Esta configuración para pruebas de laboratorio garantiza evaluar el comportamiento eléctrico del sistema en condiciones equivalentes a radiación solar moderada y sin las perturbaciones asociadas a entornos al exterior. La Tabla 1 presenta los datos técnicos básicos de los componentes del sistema autónomo de energía solar.

Tabla 1. Características técnicas de los componentes del sistema autónomo de energía solar.

Componente	Datos técnicos	Imagen
Panel solar fotovoltaico	10 W	
Controlador de carga PWM	12 V/24 V, 100 A	
Batería ácido-plomo	12 V, 1.2 Ah	
Inversor DC/AC	12 V/120 V, 750 W	

Sistema de protección (caja e interruptores)	1 polo, 20 A-3kA; 127-440 VCA 2 polos, 20 A, 550 VCD	
Simulador solar	4 lámparas de halógeno de 100 W	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar preliminarmente el desempeño del Sistema Autónomo Fotovoltaico (SAF), se realizó una prueba de sensibilidad de la tensión de carga frente a variaciones de irradiancia y temperatura superficial del panel. Esta prueba fue realizada en la plataforma experimental de pruebas solares de la Universidad el día 29 de mayo de 2025, iniciando el muestreo de datos a las 11:00 horas. La Tabla 2 presenta los valores registrados cada 5 minutos durante un ciclo de operación en condiciones reales. Las mediciones se realizaron a partir de las 11:00 horas y se midieron tres variables: irradiancia solar (W/m^2), temperatura de la superficie del panel ($^{\circ}\text{C}$) y tensión de salida en el controlador de carga (V).

Tabla 1. Mediciones de la prueba de sensibilidad del SAF.

Tiempo	Irradiancia solar	Temperatura superficie del panel fotovoltaico	Controlador de carga
[hr]	[W/m ²]	[°C]	[Volts]
0	500	55.2	13
5	300	55.6	12.9
10	315	49.2	12.9
15	346.2	47.8	12.9
20	340	45.8	12.9
25	432.1	47.2	13
30	470.3	49	13.2

Los datos muestran que la irradiancia varió entre 300 y 500 W/m², mientras que la temperatura superficial osciló entre 45.8 °C y 55.6 °C. En este periodo, la tensión registrada en el controlador permaneció estable entre 12.9 V y 13.2 V. El análisis estadístico simple indicó una correlación positiva alta entre la irradiancia y la tensión del controlador ($r \approx 0.77$), mientras que la relación entre temperatura del panel y tensión fue prácticamente nula ($r \approx -0.017$). Con base en lo anterior se observa que la variable dominante para la respuesta del SAF es la irradiancia.

Asimismo, la variación de voltaje observada (≈ 0.3) corresponde a cambios o fluctuaciones normales en la energía suministrada por el panel fotovoltaico; esto demuestra una buena consistencia con el funcionamiento del sistema didáctico basado en un controlador PWM.

Estos resultados permiten justificar técnicamente el diseño y la funcionalidad del SAF aun en pruebas de pequeña escala. El comportamiento del sistema muestra que, pese a las variaciones en irradiancia superiores a 200 W/m² durante el periodo analizado, la tensión del controlador se mantuvo dentro de rangos seguros y estables (12.9-13.2 V), lo que evidencia una adecuada integración entre el panel de 10 W, el controlador PWM y la batería de 12 V–1.2 Ah.

El hecho de que la tensión responda principalmente a la irradiancia ($r \approx 0.77$) y no a la temperatura



del panel, confirma que el SAF reproduce adecuadamente los principios básicos de conversión fotovoltaica: incremento de energía disponible con mayor radiación y estabilidad térmica típica de módulos solares en condiciones controladas. Esta respuesta controlada es particularmente relevante para fines didácticos, ya que permite a los estudiantes visualizar cómo la energía captada del sol se traduce en variaciones medibles en los sistemas de carga.

Además, la estabilidad de la tensión bajo condiciones variables demuestra que el diseño compacto y portable del SAF no compromete su funcionamiento eléctrico. Por el contrario, la prueba evidencia que el sistema es confiable, seguro y adecuado para actividades educativas en laboratorios, aulas, talleres de demostración y presentaciones en bachilleratos o preparatorias.

Aunque la prueba de estabilidad se trata de un ensayo preliminar, los resultados refuerzan que el SAF cumple su propósito pedagógico: mostrar de manera práctica la relación entre irradiancia, temperatura del panel y entrega de energía hacia el sistema de almacenamiento. Esta capacidad de observación directa es uno de los principales argumentos que justifican su implementación como herramienta formativa en energías renovables.

Por otra parte, el inversor de 750 W respondió correctamente en la entrega de corriente alterna para cargas básicas, demostrando su aplicabilidad en actividades didácticas. El diseño estructural compacto facilita su transporte y montaje en distintos espacios académicos sin requerir infraestructura adicional.

La integración del sistema de protección eléctrica garantiza la operación segura del equipo, y el acceso a los componentes asegura su mantenimiento y manipulación por parte de los estudiantes. En resumen, los resultados evidencian que el prototipo construido cumple con los criterios de portabilidad, modularidad y funcionalidad establecidos desde el diseño.

CONCLUSIONES

Los criterios metodológicos para el diseño y construcción del Sistema Autónomo Fotovoltaico (SAF), demostró que es posible desarrollar una plataforma didáctica portátil, compacta y de bajo costo que facilite la enseñanza práctica de los principios de conversión, regulación y almacenamiento de energía



solar. La integración del panel fotovoltaico, el controlador PWM, la batería y el inversor en una sola estructura transportable permitió obtener un sistema robusto, accesible y adecuado para actividades académicas en laboratorios, aulas y espacios de divulgación científica.

Los resultados experimentales validaron el desempeño eléctrico del SAF bajo condiciones reales y controladas. A pesar de variaciones de irradiancia entre 300 y 500 W/m², la tensión en el controlador se mantuvo estable en el rango de 12.9 a 13.2 V, mostrando un comportamiento confiable y una correlación significativa entre irradiancia y voltaje ($r \approx 0.77$). Asimismo, disponer con un simulador solar capaz de generar 581 W/m² de irradiancia controlada confirmaron la reproducibilidad del sistema y su pertinencia para prácticas de laboratorio y ejercicios formativos bajo condiciones controladas.

En conjunto, el SAF cumple con los criterios de funcionalidad, estabilidad y portabilidad establecidos desde el diseño, posicionándose como una herramienta eficaz para la formación de estudiantes en ingeniería en energía, electrónica y sustentabilidad. Además, su configuración modular abre oportunidades para futuras mejoras, como la incorporación de sensores IoT, reguladores MPPT o módulos de monitoreo avanzado, lo que ampliaría su potencial educativo y su aplicabilidad en investigación y desarrollo de sistemas fotovoltaicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENEL (2024). Energías renovables y transición energética en México. Accedido 5 de febrero de 2025.

Recuperado de <https://enel.mx/es/blog/conociendo-el-mercado-energetico/energias-renovables-y-transicion-energetica-en-mexico>.

J. A. Niño-Vega, F. H. Fernández-Morales y J. E. Duarte. (2019). “Diseño de un recurso educativo digital para fomentar el uso racional de la energía eléctrica en comunidades rurales”. Revista Saber, Ciencia y Libertad, vol. 14, no. 2, pp. 256-272. DOI: 10.18041/2382-3240/saber.2019v14n2.5889.

Casado Ramírez, E. del J., Guillen Taje, J. L., Martín Canché, B. del R., Naal Ocampo, A., & Velasco Viveros, G. (2024). Implementación de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje de Sistemas



Fotovoltaicos Autónomos. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(6), 4820-4835.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9038.

Yepes Rivera, L. M. (2022). Banco de prueba solar fotovoltaico para el desarrollo de competencias académicas en energías renovables. Banco de prueba solar fotovoltaico para el desarrollo de competencias académicas en energías renovables. Medellín, Colombia.
<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/e7ce2dd8-fd9b-4cc6-98f9-f5004a4df3b6/content>.

Noronha, H. S., Silva, J. G., y Azevedo, C. G. (2025). LABORATORIO VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. Revista Contemporánea, 5 (1), e7277. <https://doi.org/10.56083/RCV5N1-062>.

Zambrano Joya, D. A., Rodríguez Salazar, D. L., and Rodríguez Patarroyo, D. J. (2022). Metodología para el diseño de un sistema de energía híbrido con enfoque didáctico: estudio de caso Centro Educativo Luis López de Mesa. Ingeniería, 27(2), e17876.
<https://doi.org/10.14483/23448393.17876>.

Rus, C., Pérez, P., Almonacid, F., Aguilar, J., Hontoria, L., & Aguilera, J. (2008). Herramienta de apoyo a la docencia de la energía solar fotovoltaica. Recuperado de y Accedido 6 de febrero de 2025.
<https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/296>.

Benitez, V. H., Pacheco, J., Anaya, M. E., & Félix-Herrán, L. C. (2018). Solar tracking system: An educational tool to introduce mechatronics engineering to renewable energy studies. Int. J. Eng. Educ. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/513235>.

Castiblanco Forero, L. A., Higuera, F., & López Martínez, G. (2024). Diseño de banco de pruebas para la enseñanza de energías renovables en la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC). Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería.
<https://doi.org/10.26507/paper.3883>.



- Ruiz Vicente, F., Zapatera Llinares, A., & Montés Sánchez, N. (2020). "Sustainable City": A steam project using robotics to bring the city of the future to primary education students. *Sustainability*, 12(22), 9696. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9696>.
- Chiou, R., & Nguyen, H. V., & Ciobanescu Husanu, I. N., & Tseng, T. B. (2021, July), Developing VR-Based Solar Cell Lab Module in Green Manufacturing Education Paper presented at 2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual Conference. 10.18260/1-2—36947.
- Adewale Wasiu Adegboyega, Emmanuel Chigozie Ani, Stephen Opeyemi Oladunni, & Abrar Shahriar Pramanik. (2024). Project management tools in renewable energy integration: A review of U.S. perspectives. *Engineering Science & Technology Journal*. Volume 5, Issue 7, P.No. 2364-2378. DOI: 10.51594/estj.v5i7.1359.
- Edwin Rúa Ramírez, Saúl Andrés Hernández Moreno, Maickol E. Rachen Soler, Gonzalo G. Moreno Contreras, Rafael Bolívar León. (2019). Learning of Autonomous Photovoltaic Solar Energy Through a Didactic Test Bench. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 10(10), pp. 263-271.
- García-Ferrero, J.; Merchán, R.P.; Mateos Roco, J.M.; Medina, A.; Santos, M.J. (2021). Towards a Sustainable Future through Renewable Energies at Secondary School: An Educational Proposal. *Sustainability*, 13, 12904. <https://doi.org/10.3390/su132212904>.
- Wang, X.; Guo, L. (2021). How to Promote University Students to Innovative Use Renewable Energy? An Inquiry-Based Learning Course Model. *Sustainability*, 13, 1418. <https://doi.org/10.3390/su13031418>.
- L. Guo, N. M. M. Abdul, M. Vengalil, K. Wang and A. Santuzzi. (2022). "Engaging Renewable Energy Education Using a Web-Based Interactive Microgrid Virtual Laboratory," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 60972-60984, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3181200.
- E. Rúa-Ramírez, I. D. Mendoza-Jiménez, E. Torres-Suarez, E. G. Flórez-Serrano, J. C. Serrano-Rico.



(2021). “Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos,” Rev. UIS Ing., vol. 20, no. 2, pp. 1-10, doi: 10.18273/revuin.v20n2-2021001.

