



Sistemas de energía fotovoltaica: Una revisión sistemática

Photovoltaic energy systems: A systematic review

Sistemas de energia fotovoltaica: Uma revisão sistemática

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i27.393>

Russbelt Yaulilahua-Huacho¹
russbeltyauli@gmail.com

Liliana Asunción Sumarriva-Bustinza²
lsumarriva@une.edu.pe

Feliscimo German Ramirez-Rosales³
felicisimo.ramirez@unh.edu.pe

Janeth Bertha Mariño-Arroyo³
janeth.marino@unh.edu.pe

Luis Quispealaya-Armas³
luis-quispealaya@unh.edu.pe

¹Independiente, Huancavelica. Angaraes, Perú

²Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Lima, Perú

³Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú

Artículo recibido: 3 de junio 2025 / Arbitrado: 24 de julio 2025 / Publicado: 10 de septiembre 2025

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica es fundamental para la transición energética global, ofreciendo una fuente limpia y sostenible. Esta revisión sistemática (2019-2025) analiza la optimización técnica, aplicaciones sectoriales y gestión energética de sistemas fotovoltaicos. Se destaca que ajustar el ángulo de inclinación y azimut, junto con sistemas de seguimiento solar, puede aumentar la eficiencia entre un 5% y 40%. La mitigación del efecto térmico mejora el rendimiento en climas cálidos. Las aplicaciones incluyen agroindustria, electrificación rural, movilidad eléctrica e industria manufacturera, donde tecnologías avanzadas como inversores multifuncionales y almacenamiento optimizan la producción y reducen costos y emisiones. Sin embargo, persisten desafíos en costos iniciales, mantenimiento y adaptación a redes eléctricas. Se recomienda enfocar futuras investigaciones en tecnologías accesibles, duraderas y modelos inclusivos para ampliar el acceso en comunidades vulnerables.

Palabras clave: Energía fotovoltaica; Gestión energética; Optimización técnica; Paneles solares; Sistemas de seguimiento; Transición energética

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is fundamental to the global energy transition, offering a clean and sustainable source. This systematic review (2019-2025) analyzes the technical optimization, sectoral applications, and energy management of photovoltaic systems. It highlights that adjusting the tilt angle and azimuth, along with solar tracking systems, can increase efficiency by 5% to 40%. Thermal effect mitigation improves performance in hot climates. Applications include agroindustry, rural electrification, electric mobility, and manufacturing, where advanced technologies such as multifunctional inverters and energy storage optimize production and reduce costs and emissions. However, challenges remain in initial costs, maintenance, and adaptation to existing electrical grids. Future research is recommended to focus on accessible, durable technologies and inclusive business models to expand access in vulnerable communities.

Key words: Photovoltaic energy; Energy management; Technical optimization; Solar panels; Tracking systems; Energy transition

RESUMO

A energia solar fotovoltaica é fundamental para a transição energética global, oferecendo uma fonte limpa e sustentável. Esta revisão sistemática (2019-2025) analisa a otimização técnica, aplicações setoriais e gestão energética de sistemas fotovoltaicos. Destaca-se que ajustar o ângulo de inclinação e azimute, juntamente com sistemas de rastreamento solar, pode aumentar a eficiência entre 5% e 40%. A mitigação do efeito térmico melhora o desempenho em climas quentes. As aplicações incluem agroindústria, eletrificação rural, mobilidade elétrica e indústria manufatureira, onde tecnologias avançadas como inversores multifuncionais e armazenamento otimizam a produção e reduzem custos e emissões. No entanto, persistem desafios relacionados a custos iniciais, manutenção e adaptação às redes elétricas. Recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem em tecnologias acessíveis, duráveis e modelos inclusivos para ampliar o acesso em comunidades vulneráveis.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Gestão energética; Otimização técnica; Painéis solares; Sistemas de rastreamento; Transição energética

INTRODUCCIÓN

La energía solar es la radiación electromagnética emitida por el sol, que puede ser captada y transformada en energía térmica o eléctrica mediante tecnologías como los sistemas fotovoltaicos (1,2). Esta fuente renovable es abundante y limpia, representando una alternativa sostenible frente a los combustibles fósiles. En el mundo, la energía solar se utiliza para múltiples aplicaciones, desde la generación de electricidad en centrales fotovoltaicas hasta el suministro energético en hogares, industrias y zonas rurales (3,4). Además, su integración contribuye a la reducción de emisiones contaminantes y promueve la independencia energética, siendo clave en la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y resilientes (5,6).

En cuanto a la generación de electricidad, la energía solar fotovoltaica representa una alternativa eficiente y sostenible, destacándose por su capacidad para reducir emisiones contaminantes y diversificar la matriz energética (6,7). La eficiencia de los paneles solares depende de factores como el ángulo de inclinación y azimut, que influyen directamente en la captación de irradiación solar (8). Además, la incorporación de tecnologías avanzadas, como sistemas de seguimiento solar e inversores multifuncionales, optimiza la producción energética y mejora la rentabilidad económica (9,10). Estas características

hacen que los sistemas fotovoltaicos sean cada vez más viables para aplicaciones residenciales, industriales y agrícolas, impulsando la transición hacia fuentes renovables.

La implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala ha demostrado ser una alternativa viable y sostenible para diversos sectores, incluyendo hogares, pequeñas industrias y agroecosistemas (1,11). Estudios indican que la optimización del ángulo de inclinación y azimut de los paneles mejora significativamente la eficiencia energética, lo que es crucial para maximizar la generación en instalaciones de menor tamaño (1). Además, la incorporación de inversores multifuncionales y sistemas de almacenamiento permite una gestión energética más eficiente y rentable, facilitando el autoconsumo y la reducción de costos (5). En contextos agrícolas y empresariales, como en la Empresa de Productos Lácteos Villa Clara, la energía solar contribuye a la sostenibilidad y mejora de procesos productivos (3). Así, la energía solar a pequeña escala impulsa la transición hacia modelos energéticos más descentralizados y ecológicos.

En el caso de los grandes parques fotovoltaicos, se han alcanzado capacidades que superan los gigavatios, impulsando la transición energética global. En India, el parque solar de Bhadla con 2,245 MW y el de Pavagada con 2,050 MW son de los mayores del mundo. En Emiratos Árabes Unidos,

la planta de Dubái genera 2,100 MW, abasteciendo a miles de hogares y reduciendo emisiones contaminantes. China lidera la expansión con cerca de 1 TW instalado, destacando parques en los desiertos de Tengger y Gobi. Estados Unidos y la Unión Europea también muestran crecimientos notables, con incrementos de 50 GW y 62.6 GW respectivamente en 2024. Se proyecta que la capacidad solar global supere los 7 TW para 2030, consolidando la energía fotovoltaica como pilar en la matriz energética mundial (10,12,13).

El ciclo de vida de la instalación de sistemas de energía fotovoltaica comprende tres etapas fundamentales: fabricación, instalación y operación del sistema, cada una con particularidades técnicas y económicas que varían según la aplicación específica, ya sea un sistema autónomo o conectado a red, así como las condiciones particulares de la ubicación (14-15). En cuanto a la experiencia en la implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales, se ha consolidado una trayectoria de casi tres décadas, con un enfoque creciente en la inclusión social y la reducción de la pobreza energética mediante soluciones adaptadas a las necesidades locales (4, 16,17).

La reducción continua de los costos de los componentes fotovoltaicos, junto con metodologías de análisis costo-beneficio para consumidores, ha facilitado el acceso a esta tecnología, posicionándola como una alternativa

viable y sostenible para regiones con dificultades en el suministro eléctrico convencional (18). Además, la integración de sistemas con almacenamiento energético y tecnologías de monitoreo en tiempo real contribuye a mejorar la confiabilidad y autonomía de las instalaciones, especialmente en contextos residenciales y pequeñas industrias. Por tanto, cerrar la brecha en el acceso a la energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos adaptados a las condiciones locales sigue siendo un desafío prioritario para promover el desarrollo sostenible y la equidad energética en zonas rurales y periurbanas (15).

El objetivo de esta revisión sistemática, siguiendo la metodología PRISMA, es recopilar y sintetizar de manera transparente y rigurosa la evidencia científica existente sobre la implementación y optimización de sistemas fotovoltaicos. Dada la creciente relevancia de la energía solar en la transición energética y sus diversas aplicaciones (desde sistemas a pequeña escala hasta grandes parques), es fundamental asegurar una evaluación exhaustiva de los factores que inciden en su eficiencia y sostenibilidad. Mediante el método PRISMA, se busca identificar las tendencias, desafíos y oportunidades en el diseño, instalación y operación de estas tecnologías, contribuyendo a la toma de decisiones informadas y al desarrollo de soluciones más eficientes en el ámbito de la energía solar.

METODOLOGÍA

Para la realización de esta revisión sistemática se empleó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que garantiza un proceso riguroso, transparente y reproducible en la identificación, selección y análisis de la literatura científica relevante. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos de acceso abierto reconocidas en el ámbito académico y científico, incluyendo Dialnet, Redalyc, Scielo, Latindex y DOAJ. Estas plataformas fueron seleccionadas por su amplia cobertura de publicaciones en español, inglés y portugués, así como por su enfoque en temas de energía, tecnología y sostenibilidad.

Para la búsqueda bibliográfica se emplearon criterios específicos combinados mediante operaciones booleanas para optimizar la selección de documentos relevantes. Se utilizó la combinación ("paneles solares" OR "solar panels") AND ("eficiencia" OR "innovación") AND ("energía solar fotovoltaica" OR "sistemas fotovoltaicos" OR "panelessolares" OR "energíasolar"). Esta estrategia

permitió abarcar términos en español e inglés, así como sinónimos relacionados con la eficiencia y la innovación en tecnologías fotovoltaicas. La aplicación de operadores OR amplió la búsqueda incluyendo variaciones terminológicas, mientras que AND restringió los resultados a aquellos que contenían simultáneamente los conceptos clave, garantizando la relevancia de la bibliografía recopilada para el análisis científico.

Los criterios de inclusión para la selección de estudios consideraron publicaciones de los años 2019-2025, pertenecientes a revistas indexadas en bases de datos reconocidas, que además contaran con acceso abierto al texto completo y revisión por pares. Por el contrario, se excluyeron aquellos artículos que no cumplieran con alguno de estos requisitos, incluyendo estudios publicados antes de 2019, en revistas no indexadas, sin acceso abierto o sin proceso de revisión por pares. Figura 1. Estos criterios aseguran la actualidad, calidad metodológica y disponibilidad de la información, garantizando así la validez y relevancia de los resultados obtenidos.

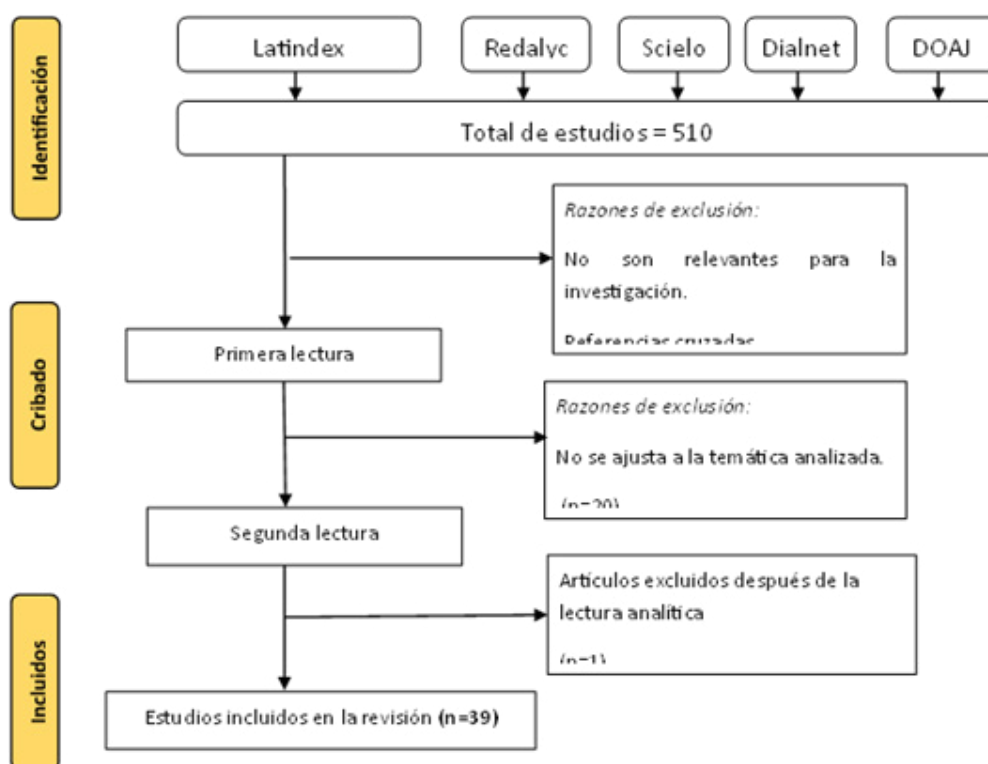


Figura 1. Diagrama de flujo para la Metodología PRISMA en la selección de artículos.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

El diagrama de flujo de la Figura 1 ilustra los criterios de selección y exclusión aplicados según el método PRISMA. Inicialmente, se identificaron 510 estudios en las bases de datos, distribuidos de la siguiente manera: Dialnet (85), Redalyc (300), SciELO (83), Latindex y DOAJ (42). Tras un primer filtro, se descartaron 452 artículos por falta de relevancia para la investigación o

por ser referencias cruzadas. Posteriormente, se excluyeron 20 estudios más por no ajustarse estrechamente a la temática del trabajo. En una segunda fase, se evaluaron el título y el resumen de los 40 artículos restantes, de los cuales se eliminó uno por no cumplir con los criterios de contenido. Como resultado final, se seleccionaron 39 artículos para la revisión sistemática, los cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Artículos seleccionados para la revisión.

No	Autor(Año)	Título	Revista	Bases de datos	Métodos
1	Aguilera (1)	Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba	Ingeniería Energética	Redalyc Latindex	Modelado y análisis experimental del ángulo y azimut en generación fotovoltaica
2	Álvarez-García (3)	Propuesta de instalación de sistema fotovoltaico en Empresa de Productos Lácteos Villa Clara	Tecnología Química	Latindex DOAJ	Estudio de viabilidad técnica y diseño con software PVGIS
3	Alvarez-Lima et al. (2)	Factibilidad de la introducción de un sistema solar fotovoltaico en un agroecosistema lechero	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	Latindex Redalyc	Evaluación técnica, económica y ambiental
4	Antúnez et al. (5)	Análisis del costo/beneficio para prosumidores de energía solar	Ingeniería Energética	Redalyc Latindex	Análisis económico y social para prosumidores
5	Bolaños-Jiménez y Gómez-Ramírez (1)	Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias	Tecnología en marcha	Latindex	Desarrollo metodológico para integración con almacenamiento
6	Caicedo-Peñaranda et al. (9)	Avances recientes en inversores multifuncionales en sistemas fotovoltaicos	AiBi Revista de Investigación	Latindex	Revisión tecnológica
7	Carmin Silva et al. (7)	Energía fotovoltaica para el mejoramiento de la eficiencia energética en hogares y edificios	LLamkasun	Latindex DOAJ	Revisión sistemática con análisis PRISMA
8	Carrera-Cadena et al. (12)	Potencial de generación de la tecnología fotovoltaica flotante en México	ENERLAC	Latindex	Estudio de potencial energético y análisis tecnológico
9	Castaño Serna et al. (20)	Evaluación de superficies reflectantes para paneles solares bifaciales mediante superficie respuesta	Ingeniería	Latindex Redalyc	Metodología estadística de superficie respuesta
10	Chimborazo et al. (21)	Monitoreo en tiempo real del funcionamiento y fallas de un sistema automático de paneles solares	REVISTA ODIGOS	Latindex	Desarrollo de sistema de monitoreo en tiempo real

No	Autor(Año)	Título	Revista	Bases de datos	Métodos
11	De Souza Sant'Anna et al. (21)	Resiliencia del sector eléctrico post COVID-19 y mercado fotovoltaico	CienciAmérica	SciELO Redalyc	Análisis de mercado y resiliencia sectorial
12	Espinosa Ramírez et al. (22)	Efecto de la temperatura en la eficiencia de paneles fotovoltaicos	Pädi Boletín Científico	Latindex	Evaluación experimental
13	Fernandez et al. (4)	Sistema fotovoltaico para iluminación en la ruralidad	RISTI	Latindex DOAJ	Diseño y análisis de sistema fotovoltaico
14	Figueredo et al., (23)	Evaluación de eficiencia en celdas solares según parámetros electro-ópticos	Universidad & ciencia	Latindex	Análisis experimental
15	Foronda-Gutiérrez et al. (24)	Assessment of computing tools for photovoltaic system analysis	Ingeniería y competitividad	Latindex	Evaluación comparativa de herramientas computacionales
16	Gonnet et al. (25)	Energía solar fotovoltaica para producir hidrógeno por electrólisis	Ingenio Tecnológico	Latindex	Estudio de integración fotovoltaica-electrólisis
17	Granja et al. (26)	Impacto de sistema de riego con energía solar en cultivos de limón	Revista Logos, Ciencia & Tecnología	Latindex	Evaluación de impacto energético y productivo
18	Gruezo-Valencia y Solis-Mora (27)	Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica	Polo del Conocimiento	Latindex	Revisión tecnológica
19	Gutiérrez Villa et al. (28)	Análisis comparativo de técnicas para seguir el punto de máxima potencia en paneles solares	Ciencia en Desarrollo	Latindex	Comparación de técnicas con OpenModelica
20	Hernández-Cuello et al. (29)	Factibilidad de introducir energía solar en producción avícola	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	Latindex Redalyc	Estudio de factibilidad técnica y económica
21	León Martínez et al. (30)	Dimensionamiento de parque solar para Centro de Mecanización Agrícola	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	Latindex Redalyc	Diseño y dimensionamiento
22	Merritt y Vilchis Flores (13)	Liderazgo de China en energía solar fotovoltaica y comercio internacional	México y la Cuenca del Pacífico	Latindex	Análisis económico y comercial

No	Autor(Año)	Título	Revista	Bases de datos	Métodos
23	Miranda-Jiménez et al. (31)	Selección de tecnologías PV para instalaciones en México	Atmósfera	Latindex	Análisis basado en datos meteorológicos satelitales
24	Morais et al. (32)	Influencia de irradiación solar en viabilidad económica de sistemas fotovoltaicos	Revista Brasileira de Meteorologia	Latindex	Análisis económico considerando irradiación solar
25	Novoa Jerez et al. (33)	Determinación de eficiencia de mini panel solar fotovoltaico	Educación química	Latindex	Experiencia práctica y medición experimental
26	Pazmiño et al. (19)	Análisis comparativo del potencial energético entre paneles fijos y con seguimiento	Revista Técnica Energía	Latindex Redalyc	Comparación de tecnologías
27	Piñeiro et al. (14)	Convertidores electrónicos para sistemas fotovoltaicos autónomos de 300 W	Ingeniería Energética	Redalyc Latindex	Diseño y análisis de convertidores electrónicos
28	Reina et al. (34)	Medidas de eficiencia energética para refrigerador con energía solar	Ciencia e Ingeniería Neogranadina	Latindex	Diseño e implementación
29	Shkurenkov and Weber (17)	Sistema fotovoltaico autónomo con seguidor solar para pobreza energética	Papeles de Geografía	Latindex	Desarrollo de sistema autónomo con seguidor solar
30	Sierra (10)	Análisis comparativo de generación fotovoltaica entre paneles fijos y automatizados	Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar	Latindex	Análisis comparativo
31	Vega-Garita et al. (18)	Análisis técnico-económico de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para clientes residenciales	Ingeniería. Revista Universidad Costa Rica	Redalyc Latindex	Análisis técnico-económico con almacenamiento
32	Gómez et al. (16)	Innovación social para transformación energética en comunidades rurales	Uniandes Episteme	Latindex	Estudio cualitativo y análisis de casos
33	Padrón Suárez et al. (35)	Disparos incorrectos de protecciones eléctricas en parques fotovoltaicos conectados a la red	Ingeniería Energética	Redalyc Latindex	Análisis de fallas y protección eléctrica
34	Passos et al. (36)	Métodos de identificación de sombreado parcial en paneles fotovoltaicos	Brazilian Journal of Production Engineering	Latindex	Revisión bibliográfica

No	Autor(Año)	Título	Revista	Bases de datos	Métodos
35	Pucuji (37)	Sistemas fotovoltaicos para carga de motocicletas eléctricas	RISTI	Latindex DOAJ	Diseño y análisis de sistemas de carga
36	Pazmiño et al. (19)	Análisis comparativo del potencial energético extraíble entre paneles fijos y con seguimiento	Revista Técnica Energía	Latindex Redalyc	Comparación tecnológica
37	Villamarín et al. (15)	Dimensionamiento óptimo de sistemas fotovoltaicos y baterías en entornos residenciales	Revista Técnica Energía	Latindex Redalyc	Modelado y optimización de sistemas residenciales
38	Vizcay-Villafranca et al. (38)	Factibilidad de introducción de energía solar térmica y fotovoltaica en finca la Asunción	Revista Ingeniería Agrícola	Latindex	Estudio de factibilidad y diseño de sistemas híbridos
39	Silva et al. (39)	Evaluación de costo-beneficio de utilización de energía fotovoltaica	RCT - Revista de Ciencia y Tecnología	Latindex DOAJ	Análisis económico

En la Tabla 2, se relacionan los principales resultados y conclusiones de los artículos seleccionados para la revisión sobre energía solar fotovoltaica, destacando líneas temáticas clave como la optimización técnica (ángulos de inclinación, seguimiento solar y mitigación del efecto térmico), aplicaciones sectoriales (agroindustria, electrificación rural y movilidad eléctrica), y gestión energética (almacenamiento,

inversores inteligentes y monitoreo en tiempo real). También aborda la factibilidad económica, demostrando rentabilidad en prosumidores y sistemas residenciales. Incluye innovaciones como paneles bifaciales, producción de hidrógeno verde e integración de datos satelitales para diseño eficiente.

Tabla 2. Principales resultados y conclusiones de los artículos seleccionados.

No	Autor(Año)	Principales resultados	Conclusiones
1	Aguilera (1)	El ángulo de inclinación y azimut afectan significativamente la eficiencia de centrales fotovoltaicas en Cuba	Optimizar ángulo y azimut mejora la producción energética y la rentabilidad de las plantas
2	Álvarez-García (3)	Sistema fotovoltaico viable para la empresa láctea, con reducción de costos energéticos	La implementación mejora la sostenibilidad y reduce la dependencia de la red eléctrica
3	Alvarez-Lima et al. (2)	Factibilidad técnica y económica positiva para integrar energía solar en agroecosistemas lecheros.	La energía fotovoltaica es una alternativa viable para el sector agropecuario.
4	Antúnez et al. (5)	El análisis costo-beneficio favorece a prosumidores con ahorro y retorno de inversión adecuado.	Incentivar la generación distribuida es beneficioso para usuarios y sistemas eléctricos.
5	Bolaños-Jiménez y Gómez-Ramírez (1)	Metodología efectiva para integrar almacenamiento en sistemas fotovoltaicos industriales pequeñas.	El almacenamiento mejora la estabilidad y autonomía energética de pequeñas industrias.
6	Caicedo-Peñaranda et al. (9)	Inversores multifuncionales aumentan la eficiencia y flexibilidad en sistemas fotovoltaicos.	La tecnología de inversores es clave para optimizar el rendimiento y la integración de sistemas.
7	Carmin Silva et al. (7)	Mejoras en eficiencia energética residencial mediante sistemas fotovoltaicos.	La energía solar contribuye a la reducción del consumo eléctrico y mejora la eficiencia.
8	Carrera-Cadena et al. (12)	Potencial energético alto para sistemas fotovoltaicos flotantes en México.	La tecnología flotante es una alternativa viable para maximizar espacio y generación.
9	Castaño Serna et al. (20)	Superficies reflectantes optimizadas aumentan la captación en paneles bifaciales.	La aplicación de superficies reflectantes mejora la eficiencia de paneles bifaciales.
10	Chimborazo et al. (21)	Sistema de monitoreo en tiempo real detecta fallas y mejora mantenimiento de paneles solares.	El monitoreo reduce tiempos de inactividad y mejora la operación de sistemas fotovoltaicos.
11	de Souza Sant'Anna et al. (21)	El sector eléctrico mostró resiliencia post COVID-19, con crecimiento en mercado fotovoltaico.	La energía solar es estratégica para la recuperación y sostenibilidad del sector eléctrico.

No	Autor(Año)	Principales resultados	Conclusiones
12	Espinosa Ramírez et al. (22)	La temperatura afecta negativamente la eficiencia de paneles fotovoltaicos	Es necesario diseñar sistemas que mitiguen el efecto térmico para optimizar la producción.
13	Fernandez et al. (4)	Sistemas fotovoltaicos mejoran la iluminación en zonas rurales con alta confiabilidad.	La energía solar es una solución efectiva para electrificación rural sostenible.
14	Figueredo et al., (23)	Parámetros electro-ópticos determinan la eficiencia de celdas solares.	Optimizar estos parámetros es fundamental para mejorar la eficiencia de celdas solares.
15	Foronda-Gutiérrez et al. (24)	Herramientas computacionales evaluadas presentan ventajas y limitaciones para análisis fotovoltaico.	La selección adecuada de software mejora la precisión en el diseño y análisis de sistemas.
16	Gonnet et al. (25)	Producción de hidrógeno por electrólisis con energía fotovoltaica es técnicamente viable.	La integración solar-hidrógeno es prometedora para energías limpias y almacenamiento.
17	Granja et al. (26)	Implementación de riego solar mejora rendimiento y reduce costos en cultivos de limón.	La energía solar contribuye a la sostenibilidad y eficiencia agrícola.
18	Gruezo-Valencia y Solis-Mora (27)	Inversores inteligentes aumentan la eficiencia y permiten mejor control en sistemas fotovoltaicos.	La tecnología inteligente es esencial para la gestión avanzada de energía solar.
19	Gutiérrez Villa et al. (28)	Técnicas de seguimiento del punto de máxima potencia comparadas, destacando OpenModelica como eficiente.	La selección de técnica adecuada mejora la generación energética y la estabilidad del sistema.
20	Hernández-Cuello et al. (29)	Factibilidad positiva para introducir energía solar en producción avícola con ahorro energético.	La fotovoltaica es viable para diversificar fuentes en la agroindustria.
21	León Martínez et al. (30)	Dimensionamiento adecuado asegura suministro energético para maquinaria agrícola.	El diseño correcto es clave para la eficiencia y sostenibilidad del sistema.
22	Merritt y Vilchis Flores (13)	China lidera el mercado global de paneles solares, impactando comercio internacional.	El liderazgo tecnológico y comercial chino impulsa la adopción global de energía solar.
23	Miranda-Jiménez et al. (31)	Uso de datos satelitales mejora la selección tecnológica para instalaciones fotovoltaicas en México.	La integración de datos meteorológicos optimiza el diseño y la eficiencia del sistema.

No	Autor(Año)	Principales resultados	Conclusiones
24	Morais et al. (32)	Irradiación solar es factor determinante en la viabilidad económica de sistemas fotovoltaicos.	La evaluación precisa de irradiación es esencial para la planificación financiera.
25	Novoa Jerez et al. (33)	Mini paneles solares presentan eficiencia adecuada para aplicaciones educativas y experimentales.	La experiencia práctica fomenta el aprendizaje y la innovación en energías renovables.
26	Pazmiño et al. (19)	Paneles con seguimiento de un eje generan más energía que paneles fijos.	Los sistemas con seguimiento mejoran la captación y producción energética.
27	Piñeiro et al. (14)	Convertidores electrónicos diseñados optimizan sistemas autónomos de 300 W.	La electrónica de potencia es crucial para la eficiencia y autonomía de sistemas fotovoltaicos.
28	Reina et al. (34)	Medidas de eficiencia energética aplicadas a refrigerador solar mejoran su desempeño.	La integración de energía solar en electrodomésticos es viable y eficiente.
29	Shkurenkov and Weber (17)	Sistema autónomo con seguidor solar reduce pobreza energética en hogares rurales.	La tecnología solar autónoma es solución para electrificación en zonas vulnerables.
30	Sierra (10)	Paneles automatizados generan más energía que paneles fijos, con mejor adaptación a condiciones.	La automatización es clave para maximizar la generación fotovoltaica.
31	Vega-Garita et al. (18)	Sistemas con almacenamiento ofrecen beneficios económicos para clientes residenciales.	El almacenamiento mejora la gestión de energía y la reducción de costos.
32	Gómez et al. (16)	Innovación social facilita la transformación energética en comunidades rurales.	El enfoque social es fundamental para la adopción y éxito de tecnologías renovables.
33	Padrón Suárez et al. (35)	Identifican disparos incorrectos en protecciones eléctricas de parques fotovoltaicos.	Mejorar las protecciones es necesario para la estabilidad y seguridad del sistema.
34	Passos et al. (36)	Métodos para detectar sombreado parcial en paneles fotovoltaicos son variados y complementarios.	La detección temprana de sombreado mejora la eficiencia y mantenimiento.
35	Pucuji (37)	Sistemas fotovoltaicos para carga de motocicletas eléctricas son técnicamente viables y eficientes.	La fotovoltaica es alternativa limpia para movilidad eléctrica urbana.

No	Autor(Año)	Principales resultados	Conclusiones
36	Pazmiño et al. (19)	Comparación confirma superioridad energética de paneles con seguimiento frente a fijos.	La inversión en seguimiento es rentable para aumentar producción.
37	Villamarín et al. (15)	Dimensionamiento óptimo de sistemas y baterías reduce dependencia de red eléctrica centralizada.	La optimización técnica y económica es clave para sistemas residenciales sostenibles.
38	Vizcay-Villafranca et al. (38)	Factibilidad positiva para sistemas híbridos solar térmico y fotovoltaico en finca agrícola.	La combinación de tecnologías aumenta la eficiencia y diversifica el uso energético.
39	Silva et al. (39)	Evaluación costo-beneficio muestra rentabilidad creciente de sistemas fotovoltaicos.	La energía solar es una inversión económicamente viable a mediano y largo plazo.

Los resultados del análisis de los artículos muestran que la inclinación óptima de los paneles solares varía según la ubicación geográfica y la estación del año, con ángulos cercanos a la latitud local maximizando la captación de energía anual. También se evidencia que ajustes estacionales pueden incrementar la producción entre un 5% y 15%. Los sistemas de seguimiento solar, por su parte, mejoran el rendimiento entre un 20% y 40% respecto a instalaciones fijas, al mantener una orientación perpendicular a la radiación solar durante todo el día. Sin embargo, estos sistemas requieren mayor mantenimiento y tienen costos iniciales más elevados. Para contrarrestar las pérdidas por calentamiento (que reducen la eficiencia en aproximadamente 0,5% por cada °C sobre 25°C), se emplean técnicas como estructuras elevadas para ventilación natural, superficies reflectantes en la parte posterior de los paneles o incluso sistemas activos de refrigeración, logrando mejoras de eficiencia de hasta un 10% en climas cálidos.

En cuanto a las aplicaciones, resultan elementos clave en diversos sectores. En el agropecuario, se emplean para bombear agua en sistemas de riego, alimentar ordeñadoras y mantener la climatización en granjas avícolas, mejorando la productividad en zonas rurales. En el sector industrial, proporcionan energía limpia para maquinaria, iluminación y procesos productivos,

reduciendo costos operativos en fábricas y plantas lácteas. En entornos residenciales, permiten la autogeneración eléctrica, alimentando hogares y cargando vehículos eléctricos, mientras que, en infraestructuras públicas, se integran en alumbrado urbano y escuelas. Además, los sistemas fotovoltaicos flotantes en embalses optimizan el uso del espacio en el sector energético. Su versatilidad y escalabilidad los convierten en una solución sostenible para reducir el uso de combustibles fósiles en múltiples actividades económicas, impulsando la transición energética con aplicaciones cada vez más innovadoras.

A modo general, se intenciona una gestión energética eficiente para maximizar su rendimiento y rentabilidad. Esto incluye el monitoreo en tiempo real del funcionamiento de los paneles, la detección de fallas y el análisis de datos de generación para optimizar el consumo. Técnicas como el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) aseguran que los paneles operen siempre en su máxima eficiencia, incluso bajo condiciones variables de radiación. Además, la integración con sistemas de almacenamiento en baterías permite almacenar excedentes para su uso en horas de baja producción, mejorando la autonomía energética. En instalaciones industriales y comerciales, la gestión inteligente de la energía fotovoltaica, combinada con redes eléctricas inteligentes, facilita el balance entre generación

y demanda, reduciendo costos y aumentando la participación de energías renovables en la matriz energética.

Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática evidencian la consolidación y diversificación de la energía solar fotovoltaica como una tecnología clave para la transición energética en diversos sectores. Los estudios analizados destacan tres ejes fundamentales: la optimización técnica, las aplicaciones sectoriales y la gestión energética eficiente. En cuanto a la optimización técnica, la influencia del ángulo de inclinación y el azimut sobre la eficiencia ha sido ampliamente documentada por (1) y (19). La adaptación geográfica y estacional de estos parámetros es esencial para maximizar la captación solar anual, logrando incrementos de producción entre 5% y 15%. Estos ajustes flexibles no solo mejoran el rendimiento, sino que también aportan beneficios económicos y ambientales significativos.

El uso de sistemas de seguimiento solar representa un avance importante, con mejoras en rendimiento entre 20% y 40% respecto a paneles fijos. Sin embargo, su adopción masiva enfrenta desafíos debido a los costos iniciales elevados y la necesidad de mantenimiento riguroso, especialmente en contextos con recursos limitados. Por ello, es crucial evaluar la relación

costo-beneficio según las condiciones locales y el horizonte temporal de inversión (10). Además, la mitigación del efecto térmico, responsable de pérdidas de eficiencia, es un área de innovación relevante. Técnicas pasivas y activas, como estructuras elevadas y métodos de refrigeración, pueden mejorar la eficiencia hasta en un 10% en climas cálidos como lo afirma (20)

La energía solar fotovoltaica demuestra gran versatilidad en sectores como la agroindustria, electrificación rural, movilidad eléctrica e industria manufacturera. En el sector agropecuario, su integración para riego, climatización y alimentación de maquinaria ha mejorado la productividad y reducido costos. En ámbitos residenciales y urbanos, la autogeneración y almacenamiento en baterías aumentan la independencia energética y disminuyen la huella de carbono, como lo plantean (15) y (18). Por otra parte, empleo de tecnologías inteligentes para monitoreo y control en tiempo real optimizan el consumo y prolongan la vida útil. Así como innovaciones de paneles bifaciales, sistemas flotantes y producción de hidrógeno verde amplían aún más las aplicaciones.

Por tanto, la gestión eficiente de la energía fotovoltaica es clave para maximizar rendimiento y rentabilidad. Técnicas como el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), monitoreo en tiempo real e integración con almacenamiento permiten optimizar la generación y el consumo,

tema abordado por (28) y (5). La capacidad de almacenar excedentes y gestionar la demanda favorece la estabilidad de la red y facilita la incorporación masiva de renovables. Los análisis económicos muestran una rentabilidad creciente, especialmente para prosumidores y usuarios residenciales, incentivando la adopción. Sin embargo, es fundamental evaluar factores como irradiación solar, costos de mantenimiento y políticas regulatorias para garantizar la viabilidad financiera en distintos contextos como lo plantea (13)

A pesar de los avances, persisten desafíos como el alto costo inicial, la necesidad de mantenimiento especializado y la integración en redes eléctricas existentes. La heterogeneidad geográfica y socioeconómica demanda soluciones adaptadas a cada realidad local. La investigación futura debería enfocarse en desarrollar tecnologías de bajo costo, mayor durabilidad y facilidad de operación, así como en modelos de negocio innovadores que faciliten el acceso a comunidades vulnerables. Superar estos obstáculos es esencial para consolidar la energía solar fotovoltaica como pilar de la transición energética global, promoviendo un desarrollo sostenible y equitativo.

CONCLUSIÓN

La revisión sistemática realizada confirma que la energía solar fotovoltaica se ha consolidado

como una tecnología clave para la transición energética global. Los avances técnicos en la optimización del ángulo de inclinación, azimut y el uso de sistemas de seguimiento solar han demostrado incrementar la eficiencia y producción energética de manera significativa. Además, la mitigación del efecto térmico mediante técnicas pasivas y activas contribuye a mantener un rendimiento estable, especialmente en regiones cálidas. Estos desarrollos tecnológicos permiten adaptar los sistemas fotovoltaicos a diferentes condiciones geográficas y climáticas, maximizando su potencial y promoviendo beneficios económicos y ambientales que fortalecen su viabilidad y atractivo en múltiples sectores productivos.

En cuanto a las aplicaciones sectoriales, la fotovoltaica muestra una versatilidad notable en áreas como la agroindustria, electrificación rural, movilidad eléctrica e industria manufacturera. La integración de esta tecnología en sistemas de riego, climatización y maquinaria agrícola ha mejorado la productividad y reducido costos operativos en zonas rurales. En el ámbito residencial y urbano, la autogeneración y almacenamiento energético aumentan la independencia y reducen la huella de carbono, mientras que las tecnologías inteligentes para monitoreo y control optimizan el consumo y prolongan la vida útil de los sistemas. Estas aplicaciones diversificadas evidencian el papel fundamental de la energía solar para impulsar la

sostenibilidad y resiliencia en diferentes contextos.

La gestión eficiente de la energía fotovoltaica es otro pilar fundamental para maximizar su rendimiento y rentabilidad. Técnicas como el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), el monitoreo en tiempo real y la integración con sistemas de almacenamiento permiten optimizar la generación y el consumo energético. La capacidad de almacenar excedentes y gestionar la demanda contribuye a la estabilidad de las redes eléctricas y facilita la incorporación masiva de energías renovables. Los análisis económicos sugieren una rentabilidad creciente, especialmente para prosumidores y usuarios residenciales, lo que incentiva la adopción y expansión de esta tecnología. No obstante, es crucial considerar factores locales como irradiación solar, costos de mantenimiento y políticas regulatorias para asegurar la viabilidad financiera.

A pesar de los avances, persisten desafíos que limitan la adopción masiva de la energía solar fotovoltaica, como los altos costos iniciales, la necesidad de mantenimiento especializado y la integración en redes eléctricas existentes. La heterogeneidad geográfica y socioeconómica exige soluciones adaptadas a cada contexto particular. Por ello, la investigación futura debe enfocarse en el desarrollo de tecnologías más accesibles, duraderas y fáciles de operar, así como en modelos de negocio innovadores que faciliten el acceso a

comunidades vulnerables. Solo superando estos retos será posible consolidar la energía solar fotovoltaica como un pilar fundamental para un desarrollo energético sostenible, inclusivo y resiliente a nivel global.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran no presentar conflicto de intereses en la publicación.

FINANCIAMIENTO. Los autores declaran que no recibieron financiamiento.

REFERENCIAS

1. Aguilera J, Martos O, Castillo E, Fuentefría A. Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba. *Ing Energética*. 2023;44(1):65-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329175192007>
2. Alvarez-Lima J, León-Martínez JA, Morejón-Mesa Y, Pelegrín-Rodríguez R. Factibilidad de la introducción de un sistema solar fotovoltaico en un agroecosistema lechero. *Rev Cienc Téc Agropecu*. 2022;31(4). <https://cu-id.com/2177/v31n4e03>
3. Álvarez-García A. Propuesta de instalación de sistema fotovoltaico en la Empresa de Productos Lácteos Villa Clara, UEB pasteurizadora Sagua la Grande. *Tecnol Química*. 2024;44(1):197-213. <https://n9.cl/d96g2>
4. Fernández M, Morales J, Román C, Quinchimba E, Sánchez D, Carrera Á. Sistema fotovoltaico: alternativa de energía renovable para la iluminación en la ruralidad. *RISTI Rev Ibér Sist Tecnol Inf*. 2024;(66):78-92. <https://search.proquest.com/openview/982852d2d1aad71735c986134715fcc3>
5. Antúnez E, Díaz O, Rozas L, Fuentefrías A. Análisis del costo/beneficio para prosumidores de energía solar. *Ing Energética*. 2024;45(1):15-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329177474002>
6. Sousa-Sant'Anna V, Ferrarez A, Moraes M, Solano-Jiménez J. The resilience of the electric sector after COVID-19 and the impacts on the

photovoltaic solar energy market. *CienciAmérica*. 2021;10(2):46-65. 10.33210/ca.v10i2.365

7. Carmin E, Tarma Y, Larrea C, Neri A. Energía fotovoltaica para el mejoramiento de la eficiencia energética en hogares y edificios: RSL. *LLamkasun*. 2023;4(2):37-47. 10.47797/llamkasun.v4i2.123

8. Pazmiño I, Moreira A, Intriago J, Ponce M, Moreano M. Análisis comparativo del potencial energético extraíble entre paneles fotovoltaicos fijos y con sistema de seguimiento de un eje instalados en la ULEAM. *Rev Téc Energía*. 2024;20(2). 10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.599

9. Caicedo-Peñaranda E, Pardo-García A, Mantilla-Villalobos M, Pabón-Fernández L. Avances recientes en inversores multifuncionales en sistemas fotovoltaicos. *AiBi Rev Invest Adm Ing*. 2024;12(2):243-8. 10.15649/2346030X.4159

10. Sierra F. Análisis comparativo de generación de energía fotovoltaica entre paneles solares fijos versus paneles automatizados. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip*. 2024;8(6):9242-57. doi:10.37811/cl_rcm.v8i6.15602

11. Bolaños-Jiménez C, Gómez-Ramírez G. Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias. *Tecnol Marcha*. 2023;36(1):18-32. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699877376002>

12. Carrera-Cadena A, Medrano-Pérez O, Méndez-López L. Potencial de generación de la tecnología fotovoltaica flotante en México. *ENERLAC Rev Energ Latinoam Caribe*. 2022;6(2). <https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/213>

13. Merritt H, Vilchis-Flores J. El liderazgo de China en energía solar fotovoltaica y su impacto en el comercio internacional de paneles solares. *Méx Cuenca Pacífico*. 2024;13(37):39-65. 10.32870/mycp.v13i37.870

14. Piñeiro M, Álvarez E, Artiles D, Domínguez Y, Santos R. Convertidores electrónicos de potencia de los sistemas fotovoltaicos autónomos de 300 w instalados en Cuba. *Ing Energética*. 2023;44(1):116-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329175192012>

15. Villamarín A, Saltos M, Echever J. Dimensionamiento óptimo de sistemas fotovoltaicos y baterías en entornos residenciales. *Rev Téc Energía*. 2025;21(2):60-8. 10.37116/revistaenergia.v21.n2.2025.685

16. Gómez C, Gutiérrez R, García Y, Hidalgo R. Innovación social: un camino hacia la transformación energética de comunidades rurales. *Uniandes Episteme*. 2025;12(1):114-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=564679988010>

17. Shkurenkov A, Weber B. Sistema fotovoltaico autónomo con seguidor solar como propuesta a la pobreza energética en Toluca. *Papeles Geogr*. 2023;(69). 10.6018/geografia.590381

18. Vega-Garita V, Blanco-Alfaro M, Pérez A. Análisis técnico-económico de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía para clientes residenciales en Costa Rica. *Ing Univ Costa Rica*. 2023;33(2):17-41. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44174486002>

19. Pazmiño I, Moreira A, Intriago J, Ponce M, Moreano M. Análisis comparativo del potencial energético entre paneles fijos y con seguimiento de un eje. *Rev Téc Energía*. 2024;20(2):98-107. 10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.599

20. Castaño-Serna J, Rubio-Clemente A, Chica-Arrieta E. Evaluación de superficies reflectantes para paneles solares bifaciales. *Ing*. 2022;27(3). doi:10.14483/23448393.18069

21. Chimborazo N, Agila M, Noquez K, Silva M. Monitoreo en tiempo real del funcionamiento y fallas de un sistema automático de paneles solares. *Rev Odigos*. 2024;5(3):81-96. 10.35290/ro.v5n3.2024.1456

22. Espinosa-Ramírez H, Garrido-Hernández A, García-Domínguez G, Vargas-León E, Castillo-Minjarez M. Efecto de la temperatura en la eficiencia de paneles fotovoltaicos. *Pädi Bol Cienc Bás Ing ICBI*. 2023;(11):184-90. 10.29057/icbi.v11iEspecial5.11841

23. Figueredo Y, Alfonso A, Reina F. Evaluación de eficiencia en celdas solares según parámetros electro-ópticos. *Univ Cienc*. 2024;13(1):10-20. 10.5281/zenodo.11479770

- 24.** Foronda-Gutiérrez L, Trejos-Grisales L, González-Montoya D. Assessment of computing tools for photovoltaic system analysis. *Ing Competitividad*. 2022;24(2). 10.25100/iyc.v24i2.11516
- 25.** Gonnet A, Mainetti C, Guillermo E, Borja F. Energía solar fotovoltaica para producir hidrógeno por electrólisis. *Ing Tecnológico*. 2023;5: e042. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663842006/>
- 26.** Granja A, Galván A, Arboleda M, Figueroa E. Impacto de la implementación del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón. *Rev Logos Cienc Tecnol*. 2022;14(2):90-107. 10.22335/rict.v14i2.1571
- 27.** Gruezo-Valencia D, Solis-Mora V. Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica. *Polo Conocimiento*. 2022;7(4):1246-66. 10.23857/pc.v7i4.3887
- 28.** Gutiérrez-Villa Y, Ortiz-Castrillón J, Saldarriaga-Zuluaga S, Muñoz-Galeano N, López J, Zuluaga-Ríos C. Técnicas para seguir el punto de máxima potencia en paneles solares usando OpenModelica. *Cienc Desarrollo*. 2024;15(1):84-96. 10.19053/01217488.v15.n1.2024.16465
- 29.** Hernández-Cuello G, Morejón-Mesa Y, Vizcay-Villafranca D, Amoros-Capdesuñer YO. Feasibility of introducing solar energy into a poultry production system. *Rev Cienc Téc Agropecu*. 2024;33(4). <https://cu-id.com/2177/v33n4e06>
- 30.** León-Martínez J, Morejón-Mesa Y, Melchor-Orta G, Rosabal-Padrón L, Quintana-Aput R, Hernández-Cuello G. Sizing of a photovoltaic solar park for CEMA. *Rev Cienc Téc Agropecu*. 2021;30(4):10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93269383010>
- 31.** Miranda-Jiménez R, Vigil-Galán O, González-Castillo J, Terán-Cuevas Á, Gutiérrez-Castillo M, Tovar-Gálvez L. Solar PV technologies selection for Mexico based on meteorological satellite data. *Atmósfera*. 2024;38. 10.20937/atm.53282
- 32.** Morais H, Silva A, Moraes A, Barbosa F. Influência da irradiação solar na análise de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos. *Rev Bras Meteorol*. 2022; 36:723-34. 10.1590/0102-7786360049
- 33.** Novoa-Jerez J, Alfaro M, Alfaro I, Guerra R. Determinación de la eficiencia de un mini panel solar fotovoltaico: una experiencia de laboratorio. *Educ Química*. 2020;31(2):22-37. 10.22201/fq.18708404e.2020.2.70300
- 34.** Reina J, Arredondo C, Tascón J. Implementación de medidas de eficiencia energética con suministro solar fotovoltaico. *Cienc Ing Neogranadina*. 2022;32(2):61-84. 10.18359/rcin.5783
- 35.** Padrón-Suárez L, Ayala-Chauvin M, Torres-Breffé E, Pantoja-Gómez O, Alvarez-Hechevarría M. Disparos incorrectos de protecciones eléctricas en parques fotovoltaicos conectados en Cuba. *Ing Energética*. 2023;44(2):71-80. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
- 36.** Passos T, Ferri G, Fardin J, Medina C. Métodos de identificação de sombreamento parcial em painéis fotovoltaicos: revisão. *Braz J Prod Eng*. 2024;10(1):12-23. doi:10.47456/bjpe.v10i1.42263
- 37.** Pucuji D, Cornejo Á, Silva E, Velasteguí P. Sistemas fotovoltaicos para la carga de motocicletas eléctricas. *RISTI Rev Ibér Sist Tecnol Inf*. 2024;(76):331-43. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/8c1cacada769631259a8cfc75b262968/1?pq-origsite=gscholar>
- 38.** Vizcay-Villafranca D, Morejón-Mesa Y, Hernández-Cuello G, Amoros-Capdesuñer Y. Factibilidad de la introducción de energía solar térmica y fotovoltaica en la finca La Asunción. *Rev Ing Agrícola*. 2024;14(4):1-9.
- 39.** Silva L, Assunção R, Sobrinho D, Freitas E, Assunção W. Avaliação de custo benefício da utilização de energia fotovoltaica. *RCT Rev Cienc Tecnol*. 2019;5(9). 10.18227/rct.v5i9.5405